EUV

Estudis Universitaris de Vic
Escola Universitària Politècnica d'Osona
Adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació
especialitat en Sistemes de Telecomunicació

ADQUISICIÓ I DISTRIBUCIÓ DEL SENYAL

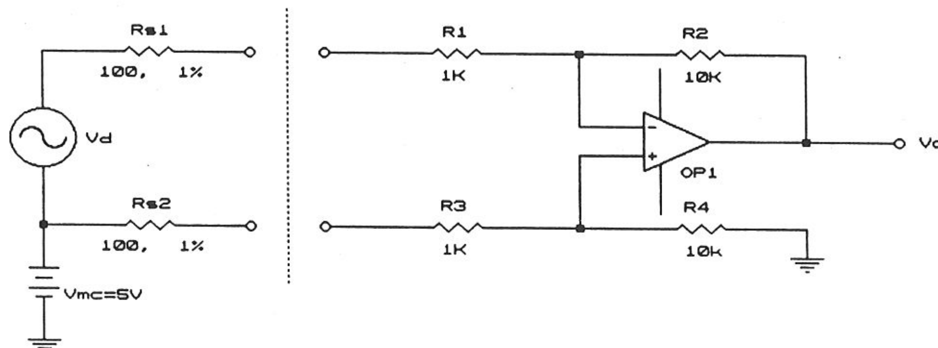
Examen Parcial, 25 de març de 1996

PROBLEMA 1

El circuit de la figura és un amplificador diferencial fabricat amb l'amplificador operacional μA741. Si el marge de temperatures de funcionament del circuit està comprès entre 0°C i 55°C, calculeu:

a) Màxima tensió d'error que podem esperar a la sortida, d'aquí a 1 any, si la font d'alimentació és de $\pm$15V i té una deriva màxima de l'1%.

b) Si a l'entrada apliquem un senyal diferencial ~~amb una~~ tensió en mode comú Vmc=5V i el generador té una resistència de font per a cada entrada Rs=100Ω $\pm$1%, calculeu la màxima tensió d'error que podem esperar a la sortida, deguda només al CMRR (els resistors tenen una tolerància de $\pm$1%).

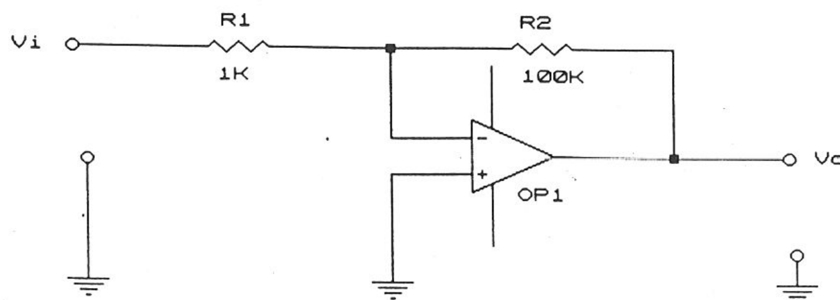


PROBLEMA 2:

El següent amplificador es comporta com un circuit passa-baixes de primer ordre, amb una freqüència de tall de 10KHz. Si la seva temperatura de funcionament és de 27°C, calculeu:

a) La tensió de soroll equivalent a l'entrada.

b) Si a la seva entrada hi apliquem un senyal altern de valor eficaç de 5mV que porta associat un petit component de soroll, de manera que la seva relació senyal/soroll és S/N=65dB, calculeu la relació senyal/soroll del senyal que obtindrem a la sortida de l'amplificador.

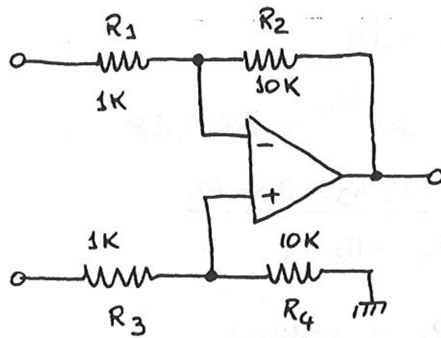


Caracterìstiques de l'operacional μA741:

f_{cv} = 200Hz
f_{cl} = 2KHz
Sv_n = 20nV/ Hz
Si_n = 0.55pA/ Hz
K = 1.38*E-23 J/K

V_{IO} = 6mV a 25°C	$\frac{\Delta V_{IO}}{\Delta T}$ = 15μV/°C
I_{IO} = 200nA a 25°C	$\frac{\Delta I_{IO}}{\Delta T}$ = 500pA/°C
I_{IB} = 500nA a 25°C	$\frac{\Delta I_{IB}}{\Delta T}$ = 1nA/°C
PSRR = 100μV/V a 25°C	$\frac{\Delta V_{IO}}{\Delta t}$ = 10μV/month

PROBLEMA 1



a 25°C ; $V_{cc} = \pm 15V$

$v_{io} = 6mV$; $\frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} = 15\mu V/°C$

$I_B = 500 mA$; $\frac{\Delta I_B}{\Delta T} = 1 mA/°C$

$I_{IO} = 200 mA$; $\frac{\Delta I_{IO}}{\Delta T} = 500 pA/°C$

$PSRR = 100\mu V/V$

$CMRR = 78 dB$; $\frac{\Delta V_{io}}{\Delta t} = 10\mu V/\text{mès}$

a) màxim error degut a offsets i derives

Calculem V_{io}

$$\Delta T_{màx} = \begin{cases} 25 - 0 = 25°C \\ 55 - 25 = 30°C \end{cases} \quad |\Delta T_{màx}| = 30°C$$

$$\Delta t = 12 \text{ mesos}$$

$$\Delta V_{cc} = \frac{\pm 1}{100} \times 30V = \pm 0,3V$$

$$PSRR = 100\mu/V \rightarrow \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} = 100\mu V/V$$

$$v_{io_T} = v_{io}\big|_{C.N} + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} \cdot \Delta T + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta t} \cdot \Delta t + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} \cdot \Delta V_{cc}$$

$$V_{io_T} = 6mV + 15\mu V/°C \cdot 30°C + 10\mu V/\text{mes} \cdot \sqrt{12} \text{ mes.} + 100\mu V/V \cdot 0,3V = 6.5146 mV$$

Els corrents de polarització estan compensats, ja que $R_1 // R_2 = R_3 // R_4$

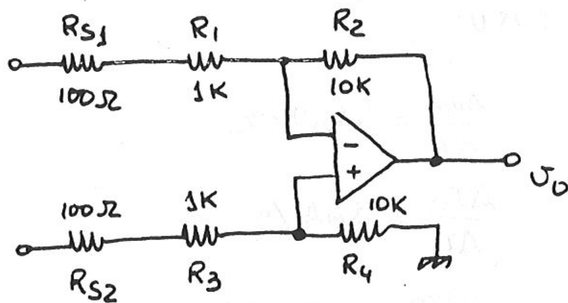
Calculem I_{IO}

$$I_{IO} = 200 mA + 500 pA/°C \times 30°C = 215 mA.$$

finalment, $v_{OO} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot v_{io} + R_2 \cdot I_{IO}$

$$\underline{\underline{v_{OO}}} = \left(1 + \frac{10K}{1K}\right) \cdot 6,5146 mV + 10K \cdot 215 uA = \boxed{\pm 73,81 \; mV.}$$

b) màxim error degut al CMRR



Tots els resistors $\pm 1\%$

$$CMRR_{op} = 78\,dB = 10^{78/20} = 7943,28$$

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{R_1R_4 + R_2R_3 + 2R_2R_4}{R_1R_4 - R_2R_3}$$

Suposem cas pitjor R_1 i $R_4 \rightarrow$ màxims i $R_2, R_3 \rightarrow$ mínims

$$R_{1\,màx} = R_{S1\,màx} + R_{1\,màx} = 100\,(1+0{,}01) + 1000\,(1+0{,}01) = 1111\,\Omega$$

$$R_{2\,min} = R_{2\,min} = 10K\Omega\,(1-0{,}01) = 9900\,\Omega$$

$$R_{3\,min} = R_{S2\,min} + R_{3\,min} = 100\,(1-0{,}01) + 1000\,(1-0{,}01) = 1089\,\Omega$$

$$R_{4\,màx} = 10K\Omega\,(1+0{,}01) = 10100\,\Omega$$

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{1111\cdot 10100 + 9900\cdot 1089 + 2\cdot 9900\cdot 10100}{1111\cdot 10100 - 9900\cdot 1089} = 252{,}25$$

Suposant R_1 i R_4 mínims i $R_2, R_3 \rightarrow$ màxim

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{1089\cdot 9900 + 10100\cdot 1111 + 2\cdot 10100\cdot 9900}{1089\cdot 9900 - 10100\cdot 1111} = 252{,}25$$

són iguals.

$$CMRR_T = CMRR_{op} \,/\!/\, CMRR_R = \frac{7943{,}28\cdot 252{,}25}{7943{,}28 + 252{,}25} = 244{,}49$$

El guany diferencial és:

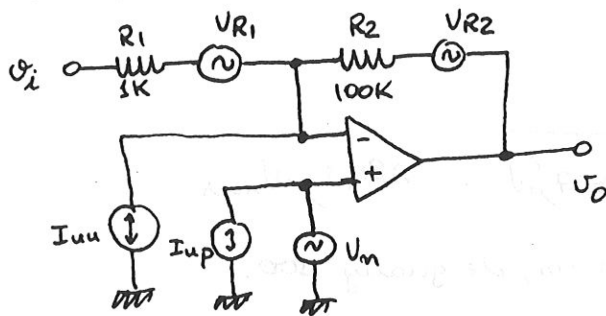
$$G_d = \frac{1}{2}\left[\frac{R_2}{R_1} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right)\right]$$

$$G_d = \frac{1}{2}\left[\frac{9900}{1111} + \left(1 + \frac{9900}{1111}\right)\left(\frac{10100}{1089 + 10100}\right)\right] = 8{,}9286$$

finalment, $\underline{v_{O\,error}} = G_d \cdot \frac{V_{mc}}{CMRR} = 8{,}9286 \cdot \frac{5V}{244{,}49} = \pm 182{,}6\,mV$

PROBLEMA 2

circuit equivalent



$f_{cv} = 200\,Hz$

$f_{ci} = 2\,KHz$

$S_{vn} = 20\,nV/\sqrt{Hz}$

$S_{iu} = 0{,}55\,pA/\sqrt{Hz}$

$$NEB = 10KHz \times 1{,}57 = 15{,}7\,KHz$$

$$f_H = 15{,}7\,KHz$$

$$f_L \cong 0{,}01\,Hz$$

a) $$V_n = S_{vn}\left[f_{cv}\cdot \ln\frac{f_H}{f_L} + (f_H - f_L)\right]^{1/2}$$

$$V_n = 20\,nV/\sqrt{Hz}\left[200\cdot\ln\frac{15700}{0{,}01} + (15700-0{,}01)\right]^{1/2} = 2{,}724\,\mu V_{rms}$$

b) $$I_{uu} = I_{up} = S_{iu}\left[f_{ci}\ \ln\frac{f_H}{f_L} + (f_H - f_L)\right]^{1/2}$$

$$I_{uu} = I_{up} = 0{,}55\,pA/\sqrt{Hz}\left[2000\ \ln\frac{15{,}700}{0.01} + (15.700-0{,}01)\right]^{1/2} = 115{,}67\,pA,$$

c) $$V_{R_1} = \sqrt{4KTBR_1}$$

$$V_{R_1} = \sqrt{4\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 300\cdot 15700\cdot 1000} = 5{,}099\cdot 10^{-7}\,V$$

d) $$V_{R_2} = \sqrt{4KTBR_2}$$

$$V_{R_2} = \sqrt{4\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 300\cdot 15700\cdot 100\,000} = 5{,}099\cdot 10^{-6}\,V$$

1) $$V_{on}\big|_{V_{R_1}} = \frac{R_2}{R_1}\cdot V_{R_1} = \frac{100K}{1\ K}\cdot 5{,}099\cdot 10^{-7}\,V = 50{,}99\,\mu V_{rms}.$$

2) $$V_{on}\big|_{V_{R_2}} = V_{R_2} = 5{,}099\,\mu V_{rms}.$$

3) $V_{o_n}|V_n = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot V_n = \left(1+\frac{100K}{1K}\right)\cdot 2{,}724\,\mu V = 275{,}124\,\mu V_{rms}$

4) $V_{o_n}|I_{nn} = R_2 \cdot I_{nn} = 100K\Omega \cdot 115{,}67\,pA = 11{,}567\,\mu V_{rms}$

5) $V_{o_n}|I_{up} = 0$

$$V_{o_n} = \sqrt{50{,}99^2_{\mu V} + 5{,}099^2_{\mu V} + 275{,}124^2_{\mu V} + 11{,}567^2_{\mu V}} = 280{,}1\,\mu V_{rms}$$

com que el circuit és un amplificador inversor, de guany 100,

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1}\cdot v_i \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{v_{i_n}}} = \left|\frac{v_{o_n}}{G}\right| = \frac{280{,}1\,\mu V}{100} = \boxed{2{,}801\,\mu V_{rms}}$$

b)

$$SNR_i = 65\,dB = 20\log\frac{5\,mV_{rms}}{v_{n_i\,rms}}$$

$$v_{n_i} = \frac{5\,mV}{10^{65/20}} = 2{,}8117\,\mu V_{rms}.$$

aleshores, el soroll a la sortida, degut a l'entrada serà

$$v_{n_o} = G \times v_{n_i} = \frac{R_2}{R_1}\cdot v_{n_i} = 100 \cdot 2{,}8117\,\mu V = 281{,}17\,\mu V_{rms}$$

i el soroll total a la sortida, tenint en compte totes les fonts de soroll serà:

$$v_{o_n} = \sqrt{50{,}99^2_{\mu V} + 5{,}099^2_{\mu V} + 275{,}124^2_{\mu V} + 11{,}567^2_{\mu V} + 281{,}17^2_{\mu V}} = 396{,}87\,\mu V_{rms}$$

finalment, el senyal a la sortida serà

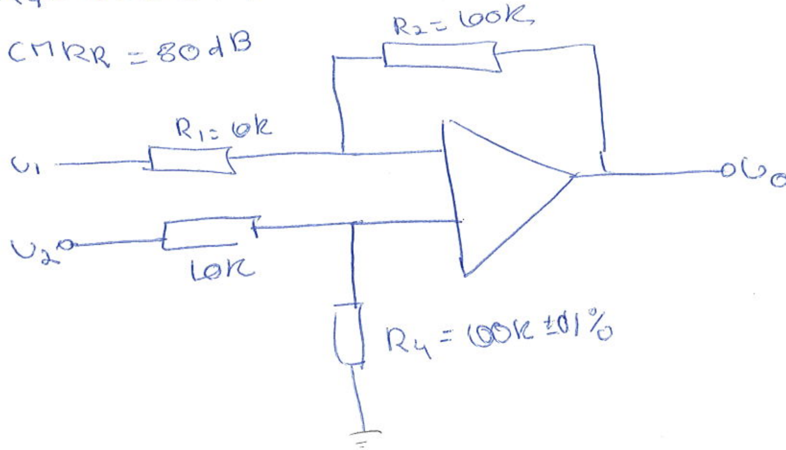
$$v_o = G \cdot v_i = 100 \cdot 5\,mV = 500\,mV_{rms}$$

i la relació S/N serà

$$\underline{\underline{SNR_o}} = 20\log\frac{500\,mV}{396{,}87\,\mu V} \cong \boxed{62\,dB}$$

$R_4 = 100k \pm 0'1\%$

$CMRR = 80\,dB$



100 → 1

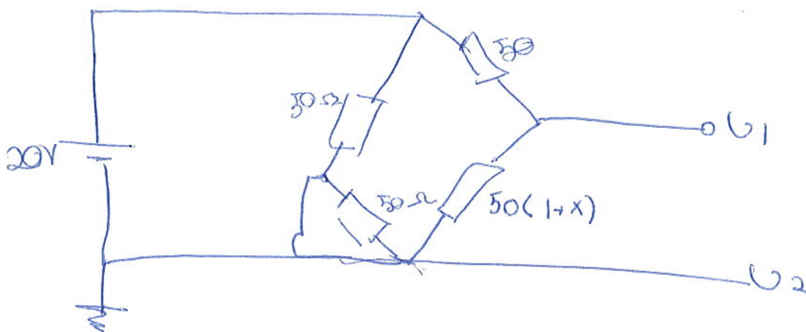
100k → x

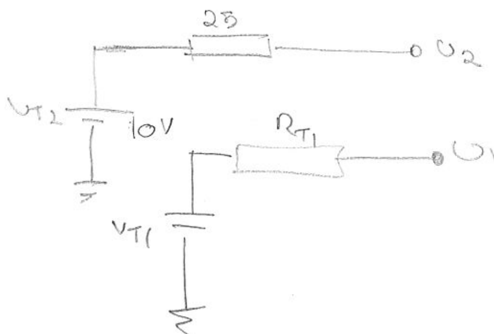
$R_{4max} = 100'1\,K$

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\;\frac{10k \cdot 100'1k + 100k \cdot 10k + 2 \cdot 100k \cdot 100'1k}{10k \cdot 100'1k - 10k \cdot 100k} = 110105\,K$$

$CMRR_{OP} = 80\,dB = 10K$

$$\frac{1}{CMRR_T} = \frac{1}{110105\,k} + \frac{1}{10k} = \frac{1}{190'822 \cdot 10^{6}} \rightarrow 5'24\,K = CMRR = 74'387$$





$$V_{T1} = \frac{50(1+x)20}{50(1+x)+50}$$

$$R_{T1} = \frac{50 \cdot 50(1+x)}{50 + 50(1+x)}$$

B = 4000 K

25 K → 25°C

0° → R = ?

50 → R = ?

25° → 298°K

0 → 273°K

50 → 323°K

T_1 $R_{273} = 25K \cdot e^{4000\left(\frac{1}{273} - \frac{1}{298}\right)} = 85'461$

T_2 $R_{(298)} = 25000$

T_3 $R_{(323)} = 8\ 846$

$$R = \frac{25000(85461 + 8846) - 2 \cdot 85461 \cdot 8846}{85461 + 8846 - 2 \cdot 25000} = 19'087K \simeq 19K$$

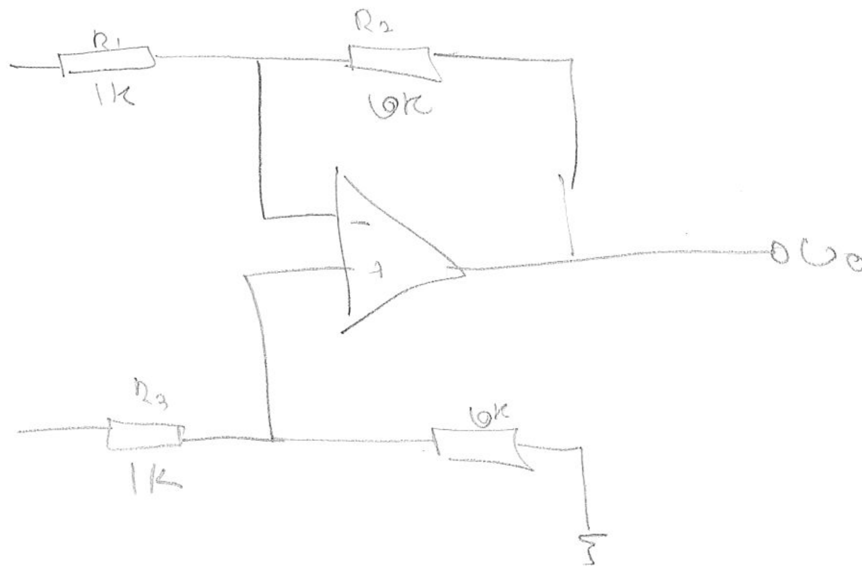
$R_{eq1} = 85461 // 19K = 15'6\ K$

$R_{eq2} = 10'8\ K$

$R_{eq3} = 6'04\ K$

$R_1 - R_2 = 4'8$

$R_2 - R_3 = 4'76 \simeq 4'8$



$V_{io} = V_{io}|_{25°C} + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} \Delta T + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta t} \Delta t + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} \Delta V_{cc}$

$V_{io}|_{25°C} = 6\ mV$

$\frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} = 15 \mu V/°C \quad \Delta T = 30$

$\frac{\Delta V_{io}}{\Delta t} = 10 \mu V / sem \quad \Delta t = 12\ m$

$\frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} = 100 \mu V / V$ | $\Delta V_{cc} = 30 \cdot 1\% = 0'3$

100 → 1
30 → x

$V_{io} = 6m + 15 \mu V/°C \cdot 30 + 10 \mu V/\text{meses} \sqrt{12\ \text{mes}} +$

Error total = error absolut = e_a = valor obtingut - valor ideal

Error relatiu = $e_r = \frac{e_a}{\text{valor ideal}}$

$$v_O = G v_i + \left(1 + \frac{R_f}{R_p}\right) v_{IO} + R_F I_B \quad \text{(no compensats)}$$

$$v_O = G v_i + \left(1 + \frac{R_f}{R_p}\right) v_{IO} + R_F I_{IO} \quad \text{(compensats)}$$

$$v_{IO} = \left[v_{IO}\big|_{25°C} + \frac{\Delta v_{IO}}{\Delta T}\Delta T + \frac{\Delta v_{IO}}{\Delta t}\Delta t + \frac{\Delta v_{IO}}{\Delta V_{CC}}\Delta V_{CC} \right]$$

$$CMRR = \frac{G_d}{G_{md}} \; [dB]$$

$$V_{O\,error} = G_d \frac{V_{cm}}{CMRR}$$

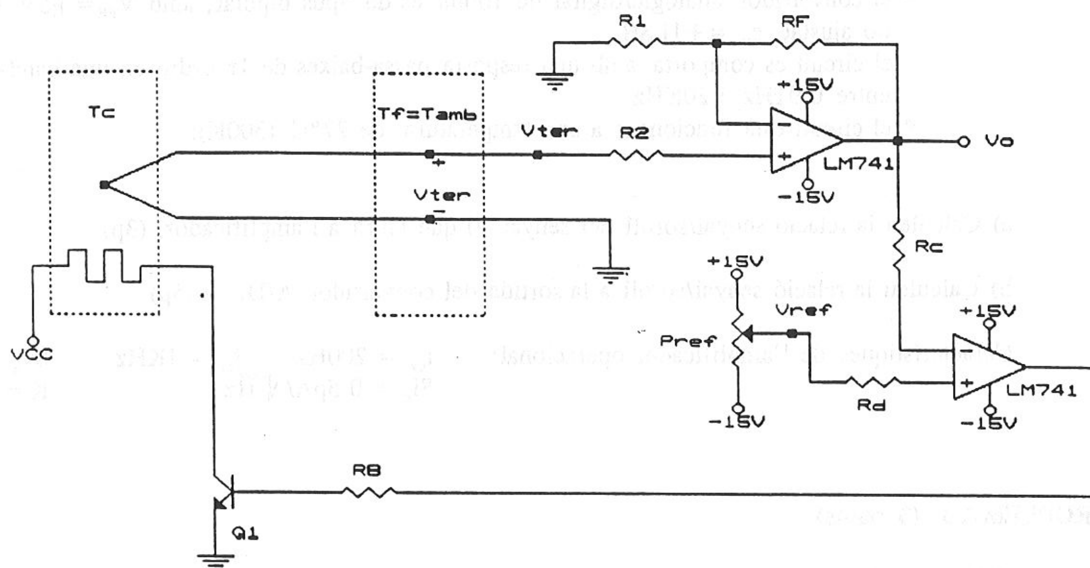
EUV
Estudis Universitaris de Vic
Escola Universitària Politècnica d'Osona
Adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació
especialitat en Sistemes de Telecomunicació

ADQUISICIÓ I DISTRIBUCIÓ DEL SENYAL

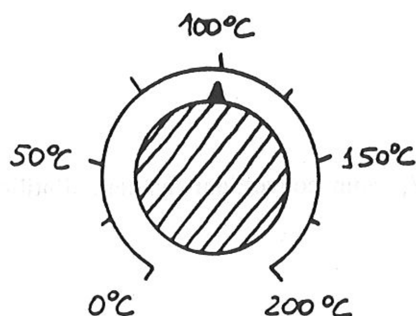
examen final, 1 de juliol de 1996

PROBLEMA 1 (3.5 punts)

El següent esquema correspon a un circuit de control de la temperatura d'un forn que s'ha dissenyat a partir d'un termoparell linealitzat. Aquest termoparell té una sensibilitat de $39\mu V/K$.
$V_{ter} = 39\mu V/K * [T_{unió\cdot calenta}(K) - T_{unió\cdot freda}(K)]$ (NOTA: $K = °C + 273$).



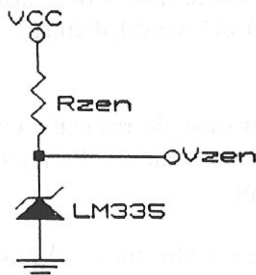
El control de la temperatura del forn es fa a través del potenciòmetre Pref. Per calibrar el circuit s'ha fixat la temperatura de la unió freda (T_F) a 0°C, i s'ha anat marcant la caràtula del potenciòmetre mesurant la temperatura del forn (T_C) amb un termòmetre de precisió (Tmín=0°C i Tmàx=200°C)



a) Dissenyeu R_1, R_2 i R_F per obtenir $V_O = +5V$ quan $T_C = 200°C$ i $T_F = 0°C$. (0.5p)

b) Calculeu V_O si $T_C = 200°C$ i $T_F = T_{amb} = 25°C$. Doneu l'error relatiu de V_O. (0.5p)

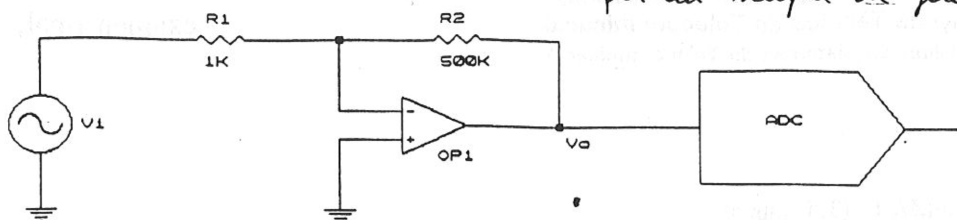
c) Quant valdrà V_{REF} si hem posicionat el mando del forn a 125°C, i la $T_{amb} = 28°C$. A quina temperatura estarà el forn, i quin error relatiu estarem fent? (1p)



d) Dissenyeu un circuit, a partir del sensor monolític de temperatura LM335 (Sensibilitat=10mV/°C, a partir de 0°C), que serveixi per compensar la temperatura de la unió freda. Verifiqueu el seu bon funcionament amb les dades de l'apartat anterior. (1.5p)

PROBLEMA 2 (3.5 punts)

S'ha dissenyat un amplificador per a un micròfon, de tal manera que es compleixi que $DR_{ADC} = SNR(V_O)$ per un senyal de fons d'escala



Suposant que:

* Vi és una ona sinusoïdal de 10mVp d'amplitud màxima
* el convertidor analògic/digital de 10bits és de tipus bipolar, amb $V_{FE} = \pm 5V$ i un error total no ajustat $e_{tna} = \pm 1LSB$
* el circuit es comporta amb una resposta passa-baixes de 1r ordre en una banda de freqüències entre 0.01Hz i 20KHz
* el circuit està funcionant a una temperatura de 27°C (300K):

a) Calculeu la relació senyal/soroll del senyal Vi que entra a l'amplificador. (3p)

b) Calculeu la relació senyal/soroll a la sortida del convertidor A/D. (0.5p)

Característiques de l'amplificador operacional: $f_{cv} = 200Hz$ $f_{ci} = 1KHz$ $Sv_n = 25nV/\sqrt{Hz}$ $Si_n = 0.5pA/\sqrt{Hz}$ $K = 1.38*E\text{-}23$ J/K

PROBLEMA 3 (3 punts)

Volem adquirir un senyal del qual sabem que la seva tensió estarà compresa entre 0 i 5V, i el seu Slew Rate màxim és $SR = 0.5V/\mu s$.

Suposant que tenim una família de convertidors A/D amb les característiques següents:

	bits	e_{tna}	t_c
ADC1	8	±1LSB	20μs
ADC2	10	"	30μs
ADC3	12	"	40μs
ADC4	14	"	50μs

a) Si pretenem obtenir una resolució igual o superior a 1.5mV, quin convertidor haurem d'utilitzar? (0.5p)

b) Quin serà el marge dinàmic del convertidor? (0.5p)

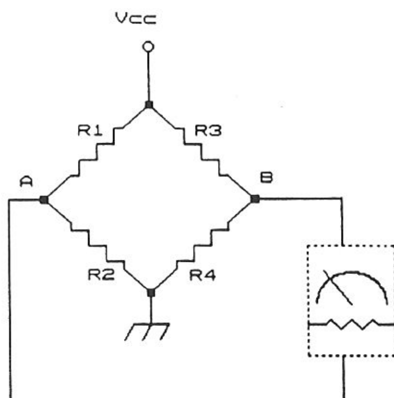
c) Farà falta inserir-hi un amplificador de mostreig i retenció? En cas afirmatiu, quin serà el màxim temps d'obertura que haurà de tenir, si volem que l'error degut a la variació del senyal d'entrada durant la conversió sigui inferior a l'error total del convertidor? (0.5p)

d) Suposant uns corrents totals de pèrdues de 10nA a través del S/H en estat de retenció, quina serà la mínima capacitat que haurà de tenir el condensador de retenció per tal de mantenir l'error degut a les fuites en mode de retenció inferior a l'error total del convertidor? (0.5p)

e) Suposant que el S/H tingui un temps d'adquisició $t_a = 1\mu s$ i un temps d'establiment $t_s = 0.5\mu s$, suposant que el temps d'adquisició de les dades per part del microprocessador sigui $t_{\mu p} = 4\mu s$, i suposant que el senyal d'entrada sigui sinusoïdal pur, calculeu la màxima freqüència de mostreig per tal de complir totes les especificacions anteriors. (1p)

PROBLEMA 4 (4 punts)

El pont de Wheatstone següent està alimentat amb una tensió de +5,00V, i el valor dels resistors és:



$R_1 = 1{,}2K\Omega$

$R_2 = 3{,}6K\Omega$

$R_3 = 12{,}6K\Omega$

$R_4 = 8{,}4K\Omega$

Disposem de dos instruments de bobina mòbil:

Instrument "A": sensibilitat=0,1mm/μA $R_g = 1{,}8K\Omega$

Instrument "B": sensibilitat=0,2mm/μA $R_g = 6K\Omega$

a) Calculeu en quin instrument l'agulla es desviarà més. (1 p)

b) Suposant que s'hagin calculat uns errors en els equivalents Thévenin:

$e_a(R_{th}) = \pm 170\Omega$

$e_a(V_{th}) = \pm 0{,}2V$

i que les resistències internes dels instruments presenten una tolerància:

$e_r(R_g)$(instr. "A") = $\pm 2{,}5\%$

$e_r(R_g)$(instr. "B") = $\pm 2\%$

indiqueu la lectura de cada instrument (calculeu-ho pels dos mètodes). (2 p)

c) Si les derives tèrmiques dels diversos components són:

$$\frac{\Delta V_{CC}}{\Delta T} = +750\ ppm/^\circ C$$

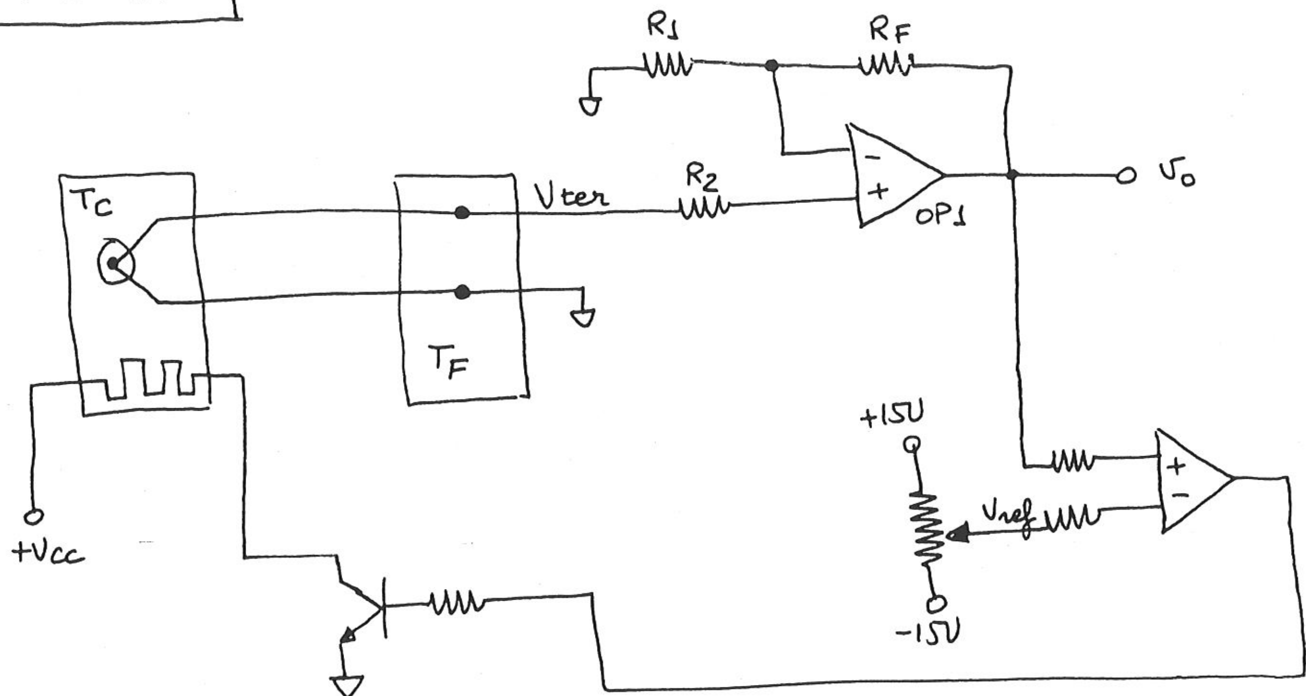
$$\frac{\Delta R}{\Delta T} = +200\ ppm/^\circ C \qquad (R_1\ ,\ R_2\ ,\ R_3)$$

$$\frac{\Delta R}{\Delta T} = -300\ ppm/^\circ C \qquad (R_4)$$

Quin error relatiu tindrem a la sortida, si l'increment de temperatura és de 25°C. (1 p)

FJUL96 - 1

PROBLEMA - 1



a) Dissenyem R_1, R_2 i R_F per obtenir $V_o = +5V$ quan $T_C = 200°C$ i $T_F = 0°C$

$$V_{O_{200°C}} = +5V = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \cdot V_{ter_{200°C}}$$

$$V_{ter} = 39\mu V/K \cdot \left((200+273) - (0+273)\right) = 7,8\,mV$$

$$\left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \cdot 7,8\,mV = +5V$$

$$\frac{R_F}{R_1} = \frac{5V}{7,8\,mV} - 1 \cong 640$$

si $R_1 = 1K\Omega$, aleshores $R_F = 640\,K\Omega$.

$R_2 = R_1 // R_F \simeq 1K\Omega$

---

b) calculem V_o si $T_C = 200°C$ i $T_F = 25°C$. Error relatiu de V_o

$$V_o = 39\mu V \cdot (200 - 25) \cdot \left(1 + \frac{640}{1}\right) = 4,3748\,V$$

$$e_r(V_o) = \frac{v_m - v_r}{v_r} \times 100\,\%$$

$$\underline{e_r(V_o)} = \frac{4{,}3748 - 5}{5} \times 100\,\% = \boxed{-12{,}5\,\%}$$

---

c) quant valdrà V_{ref} si mando = 125°C i T_{amb} = 28°C. T_C? i $e_r(T_C)$?

V_{ref} l'hem ajustat quan $T_F = 0°C$, per tant, si el mando està a 125°C, correspon a una temperatura de $T_C = 125°C$ i $T_F = 0°C$

$$\underline{V_{ref\,125°C}} = 39\mu V \ (125 - 0) \cdot 641 = \boxed{3{,}1249\ V}$$

En canvi, com que $T_F = 28°C$, la temperatura del forn serà:

$$V_o = V_{ref\,125°C}$$

$$3{,}1249 = 39\mu V \left(T_C(°C) - 28°C\right) \cdot 641$$

$$\underline{T_C} = \frac{3{,}1249\,V}{641 \cdot 39\mu V} + 28°C = \boxed{153\ °C}$$

$$\underline{e_r(T_C)} = \frac{153 - 125}{125} \times 100\,\% = \boxed{+22{,}4\,\%}$$

---

d) Dissenyar un circuit de compensació de la unió freda.

Hem d'obtenir un circuit que afegeixi a V_{ter} la sortida equivalent del termoparell per unes temperatures ($T_C = T_{amb}$, $T_F = 0°C$).

Aquesta tensió de compensació serà:

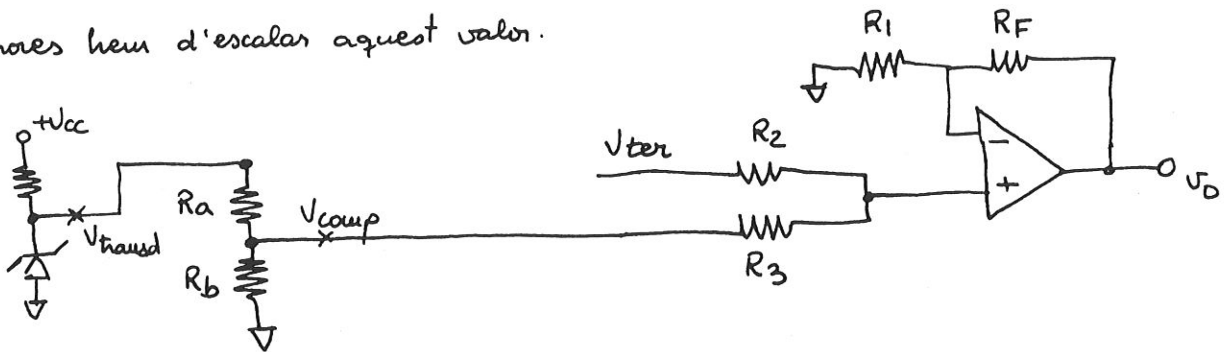
$$V_{comp} = 39\mu V \cdot (T_{amb} - 0) = 39\mu V \cdot T_{amb}$$

FJUL96 - 3

Si tenim un transductor LM335 que ofereix a la sortida

$$V_{transd} = 10mV/°C \cdot T_{amb}$$

aleshores hem d'escalar aquest valor.



$$V_{comp} = V_{transd} \cdot \frac{R_b}{R_a+R_b} \quad ; \quad 39\mu V \cdot T_{amb} = 10mV\ T_{amb} \cdot \frac{R_b}{R_a+R_b}$$

$$3{,}9m\ (R_a+R_b) = R_b .$$

$$R_a = \frac{R_b(1-0{,}0039)}{0{,}0039} = 255{,}4\ R_b .$$

Si fem $R_b = 1K\Omega$, $R_a = 255{,}4\ K\Omega$

Per minimitzar els corrents de polarització hauríem de fer:

$$R_1 \,//\, R_F = \underbrace{R_2}_{2K\Omega} \,//\, (\underbrace{R_3}_{1K\Omega} + \underbrace{R_a // R_b}_{\simeq 1K\Omega}) \simeq 1K\Omega$$

així doncs, $R_1 = 1K\Omega$; $R_F = 640K\Omega$; $R_2 = 2K\Omega$
$R_3 = 1K\Omega$; $R_a = 255{,}4K\Omega$; $R_b = 1K\Omega$

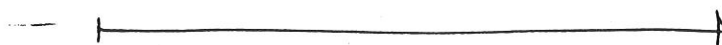
verifiquem el circuit.

$$V_{ter} = 39\mu V\ (125°C - 28°C) = 3{,}783\ mV$$ (Si el forn està a 125° i Tamb = 28°C).

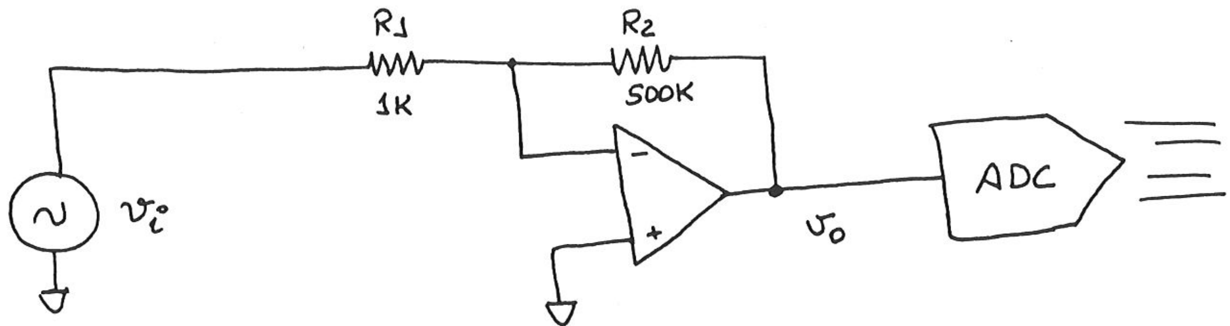
$$V_{comp} = 10mV/°C \cdot 28°C \cdot \frac{1}{1+255{,}4} = 1{,}092\ mV$$ (Si Tamb = 28°C)

$$V_o = \left(1+\frac{640}{1}\right) \cdot (3{,}783 + 1{,}092)\,mV = \boxed{3{,}1249\ V}$$

que és la mateixa $U_{ref\,125°C}$ (q.e.d.)



PROBLEMA 2



v_i = ona sinusoïdal de 10 mVp

ADC ⟹ bipolar amb $V_{FE} = \pm 5V$
10 bits
$e_{tna} = \pm 1 LSB$

1) Calcular la SNR (v_i)

* a) trobem DR_{ADC}

$$DR_{ADC} = 20 \log \frac{V_{FE}}{v_{n_{rms}}}$$

$$e_{t_{ADC}} = \pm [\underbrace{0,5}_{e_q} + \underbrace{1}_{e_{tna}}] = \pm 1,5 LSB \rightarrow 3 * e_q.$$

$$v_{n_{ADC}} = 3 * v_{nq} = 3 * \frac{q}{\sqrt{12}} = 3 * \frac{V_{FE}}{2^n \sqrt{12}} \; V_{rms}$$

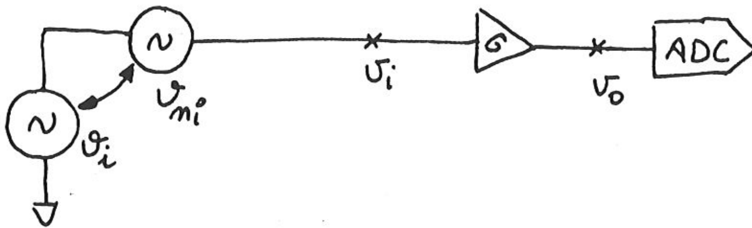
$$\left[v_{n_{ADC}} = 3 \cdot \frac{10V}{2^{10} \sqrt{12}} = 8,4573 \, mV_{rms} \right]$$ 2n apartat

$$DR_{ADC} = 20 \log \frac{V_{FE}}{\frac{3 \cdot V_{FE}}{2^n \sqrt{12}}} = 20 \log \frac{2^n \sqrt{12}}{3} = \boxed{61,455 dB}$$

Per tant, $SNR(v_o) = DR_{ADC} = 61,455 dB$

aquest seria el soroll total intrínsec a la sortida de l'amplificador. Per saber el soroll total només caldria afegir-hi el soroll corresponent a la font v_i i als cables i connexions d'entrada, v_{ni}

$$V_o\Big|_{v_{ni}} = v_{ni\,rms} * G = \frac{500}{1} \cdot v_{ni} = 500\, v_{ni}$$



així doncs, el soroll total a la sortida de l'amplificador serà:

$$v_{on} = \left[2{,}322^2\, mV + 53{,}83^2\,\mu V + 360{,}5^2\,\mu V + 16{,}12^2\,\mu V + (500\, v_{ni})^2 \right]^{1/2}$$

c) Trobem v_{on}

Si $SNR\,(v_o) = 61{,}455\, dB$, aleshores

$$61{,}455\, dB = 20 \log \frac{v_{o\,rms}}{v_{on\,rms}}$$

$$v_{o\,rms} = G * v_{i\,rms} = \frac{500K}{1K} \cdot \underbrace{\frac{10\, mV_p}{\sqrt{2}}}_{v_{i\,rms}} = 3{,}5355\, V_{rms}$$

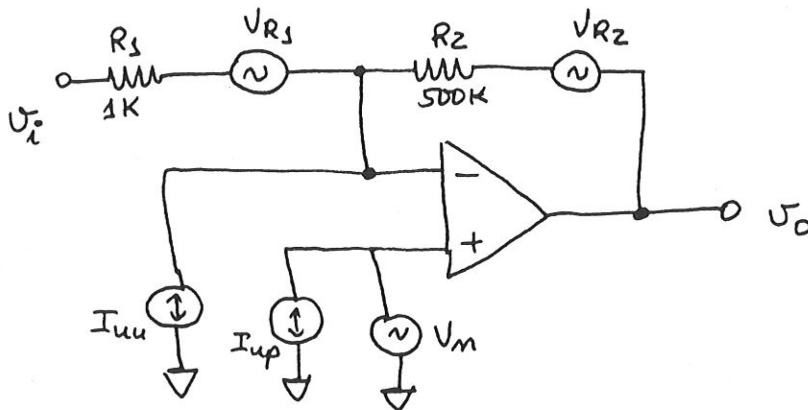
$$61{,}455\, dB = 20 \log \frac{3{,}5355 V}{v_{on}}$$

$$v_{on} = \frac{3{,}5355 V}{10^{\frac{61{,}455}{20}}} = 2{,}99\, mV_{rms}$$

Per tant,

$$2{,}99\, mV = \left[2322^2\,\mu V + 53{,}83^2\,\mu V + 360{,}5^2\,\mu V + 16{,}12^2\,\mu V + (500\, v_{ni})^2 \right]^{1/2}$$

b) Trobem v_{O_n}



$f_{cv} = 200\,Hz$

$f_{ci} = 1K\,Hz$

$SV_n = 25\,mV/\sqrt{Hz}$

$SI_n = 0{,}5\,pA/\sqrt{Hz}$

circuit de 1r ordre ⟶ $f_H = 20KHz \times 1{,}57 = 31{,}4\,KHz$

$f_L = CC \simeq 0{,}01\,Hz$

$$V_n = 25\,mV/\sqrt{Hz} \cdot \left[200 \cdot \ln \frac{31{,}4K}{0{,}01} + 31400 - 0{,}01 \right]^{1/2} = 4{,}636\,\mu V_{rms}$$

$$I_{nn} = I_{np} = 0{,}5\,pA/\sqrt{Hz} \left[1000 \ln \frac{31{,}4K}{0{,}01} + 31400 - 0{,}01 \right]^{1/2} = 107{,}66\,pA_{rms}$$

$$V_{R_1} = \Big[4 * 1{,}38 \cdot 10^{-23} * \underbrace{300}_{27^\circ C} * \underbrace{31400}_{BW} * \underbrace{1000}_{R_1} \Big]^{1/2} = 0{,}721\,\mu V_{rms}$$

$$V_{R_2} = \left[4 * 1{,}38 \cdot 10^{-23} * 300 * 31400 * 500000 \right]^{1/2} = 16{,}12\,\mu V_{rms}$$

$$V_O|_{V_n} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_n = \left(1 + \frac{500}{1}\right) \cdot 4{,}636\,\mu V = 2{,}322\,mV_{rms}$$

$$V_O|_{I_{nn}} = R_2 \cdot I_{nn} = 500.000 \cdot 107{,}66\,pA = 53{,}83\,\mu V_{rms}$$

$$V_O|_{I_{np}} = 0$$

$$V_O|_{V_{R_1}} = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{R_1} = \frac{500}{1} \cdot 0{,}721\,\mu V = 360{,}5\,\mu V_{rms}$$

$$V_O|_{V_{R_2}} = V_{R_2} = 16{,}12\,\mu V_{rms}.$$

$$v_{O_n} = \sqrt{2{,}322^2\,mV + 53{,}83^2\,\mu V + 360{,}5^2\,\mu V + 16{,}12^2\,\mu V}$$ (soroll intern a la sortid

$$(500\, v_{ni})^2 = 2{,}99^2\, mV - (2322^2 \mu V + 53{,}85^2 \mu V + 350{,}6^2 \mu V + 16{,}12^2 \mu V)$$

$$v_{ni} = 3{,}7\, \mu V_{rms}$$

finalment,

$$SNR(v_i) = 20 \log \frac{v_{i\,rms}}{v_{ni\,rms}} = 20 \log \frac{10 mVp/\sqrt{2}}{3{,}7 \mu V_{rms}} = 65{,}63\, dB$$

$$\boxed{SNR(v_i) = 65{,}63\, dB}$$

---

2) <u>Calculem SNR a la sortida del convertidor</u>

$$SNR_{ADC} = 20 \log \frac{v_{O\,rms}}{v_{Q\,rms}}$$

en l'apartat anterior hem trobat que $v_{On\,rms} = 8{,}4573\, mV_{rms}$

$$v_{O\,rms} = G * v_{i\,rms} = 500 \cdot \frac{10 mVp}{\sqrt{2}} = 3{,}5355\, V_{rms}$$

$$SNR(ADC) = 20 \log \frac{3{,}5355\, V}{8{,}4573\, mV} = 52{,}42\, dB$$

$$\boxed{SNR(ADC) = 52{,}42\, dB}$$

FJUL96 - 8

PROBLEMA - 3

a) Si volem resolució $\leq$ 1,5 mV, escollir el convertidor

$$q = \frac{V_{FE}}{2^n} \leq 1{,}5\,mV$$

$$\frac{5V}{2^n} \leq 1{,}5\,mV \longrightarrow 2^n \geq \frac{5V}{1{,}5\,mV} = 3333{,}\hat{3}$$

$$n \geq \frac{\log 3333{,}3}{\log 2} = 11{,}70 \text{ bits.}$$

per tant, escollirem el convertidor de 12 bits,

i la resolució serà $q = \frac{5V}{2^{12}} \simeq 1{,}22\,mV$

---

b) Marge dinàmic del convertidor

$$DR = 20 \log \frac{V_{FE}}{v_{n\,rms}}$$

$$e_t = \pm\left[e_q + e_{tna}\right] = \pm\left[0{,}5\,LSB + 1\,LSB\right] = \pm 1{,}5\,LSB$$

$$v_{nq} = \frac{q}{\sqrt{12}}$$ Si $e_t = 3 \times e_q$, aleshores

$$v_{nt} = 3 \times \frac{q}{\sqrt{12}} = \frac{3\,V_{FE}}{2^n\sqrt{12}}$$

$$DR = 20 \log \frac{V_{FE}}{\frac{3\,V_{FE}}{2^n\sqrt{12}}} = 20 \log \frac{2^n\sqrt{12}}{3} = 73{,}5\,dB$$

---

c) Fa falta un S/H? Quant val tap?

L'error total és $e_t = \pm 1{,}5\,LSB = \pm 1{,}5 \times \frac{5V}{2^{12}} = \pm 1{,}831\,mV$.

Per tant, la màxima variació del senyal d'entrada durant t_C hauria de ser inferior o igual a aquest valor d'e_t. Comprovem-ho.

$$\left.\frac{dv_i}{dt}\right|_{màx} \times t_C \leq \pm 1{,}831\,mV.$$

$$\underbrace{\left.\frac{dv_i}{dt}\right|_{màx}}_{S.R\, =\, 0{,}5V/\mu s}$$

$$\pm 0{,}5\,V/\mu s \cdot 40\,\mu s \leq \pm 1{,}831\,mV$$

$20V \leq 1{,}831\,mV \longrightarrow$ no es compleix.

Per tant es necessita un amplificador S/H.

$$0{,}5\,V/\mu s \cdot t_{ap} \leq 1{,}831\,mV$$

$$t_{ap} \leq \frac{1{,}831\,mV}{0{,}5\,V/\mu s} = 3{,}662\,ns = \boxed{3{,}662 \cdot 10^{-9}\,s}$$

---

d) Mínima capacitat del condensador de retenció

Volem que $\frac{\Delta V_{màx}}{\Delta t_C} \leq \frac{1}{C_H} \cdot I_{pèrdues}$.

$$\frac{1{,}831\,mV}{40\,\mu s} \leq \frac{10\,nA}{C_H} \quad ; \quad C_H \geq \frac{10\,nA \cdot 40\,\mu s}{1{,}831\,mV}$$

$$\boxed{C_H \geq 0{,}218\,nF}$$

---

e) Màxima freqüència del senyal d'entrada.

limitació freq màxima senyal entrada → Nyquist
→ Slew Rate

Nyquist

en primer lloc calculem la màxima freq. de mostreig.

temps adquisició $= t_{adq} = t_a + t_{ap} + t_S + t_c + t_{\mu p} = 1\mu s + 3{,}6ms + 0{,}5\mu + 40\mu + 4\mu \cong 45{,}5\mu s$

$$F_{S_{màx}} = \frac{1}{t_{adq}} = \frac{1}{45{,}5\mu s} \cong 21.978\ Hz$$

per tant, $fi_{màx} = \frac{1}{2} F_{S_{màx}} = \frac{21.978}{2} = 10.989\ Hz$

Slew Rate

$v_i(t) = 2{,}5 + 2{,}5 \sin 2\pi f t.$

S'ha de complir:
$$\left.\frac{dv_i}{dt}\right|_{màx} \cdot t_{ap} \leq e_t$$

$$\left.\frac{dv_i}{dt}\right|_{màx} = \left.\frac{d(2{,}5 + 2{,}5 \sin 2\pi f t)}{dt}\right|_{màx} = \pm 2{,}5 \cdot 2\pi f = \pm 5\pi f.$$

$$5\pi f \cdot t_{ap} \leq 1{,}831\ mV$$

$$f_i \leq \frac{1{,}831 mV}{5 \cdot \pi \cdot 3{,}662 ms} = 31.831\ Hz$$

Nyquist → $fi_{màx} = 10.989\ Hz$
Slew Rate → $fi_{màx} = 31.831\ Hz$
→ $fi_{màx} = 10.989\ Hz$

$$\boxed{fi_{màx} = 10.989\ Hz}$$

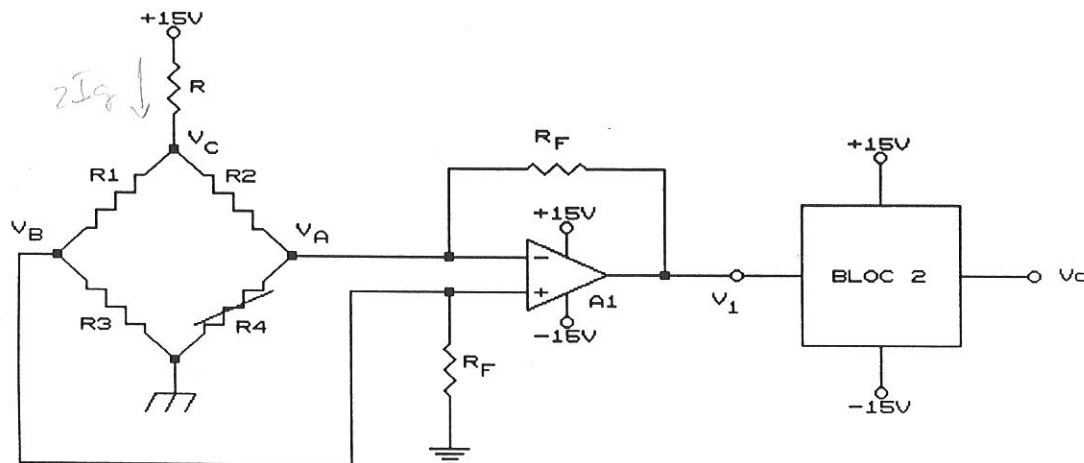
EUV
Estudis Universitaris de Vic
Escola Universitària Politècnica d'Osona
Adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació
especialitat en Sistemes de Telecomunicació

ADQUISICIÓ I DISTRIBUCIÓ DEL SENYAL

Examen Final, 26 de Juny del 1995

PROBLEMA 1

Una galga extensomètrica està muntada en el següent circuit condicionador de senyal:



Per evitar problemes d'autoescalfament, i per fer treballar la galga de manera òptima, fixem $I_g = 10mA$.

Els demés components del pont de Wheatstone són:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_0 = 120\Omega$$

$$R_4 = \text{galga extensomètrica} = R_0(1+\alpha)\Omega$$

on $R_0 = 120\Omega$ a 25°C i sense cap deformació
$K_{galga} = 2$

Amb aquest circuit pretenem mesurar deformacions compreses entre els marges de $0\mu\epsilon$ i $1000\mu\epsilon$, de manera que:

Per $0\mu\epsilon$, aleshores $V_1 = 0V$ i $V_O = -5V$

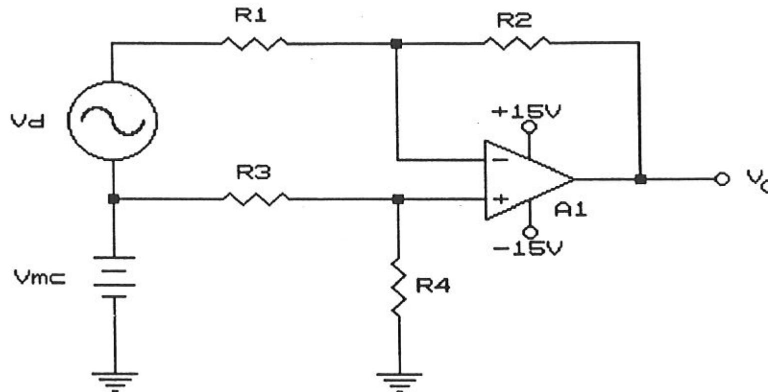
$1000\mu\epsilon$, aleshores $V_1 = -1V$ i $V_O = +5V$

a) Trobeu els valors d'R i R_F que permeten obtenir el marge de tensions V_1 citat anteriorment (NOTA: considereu A1 com un amplificador diferencial ideal, amb $R_1=R_3$ i $R_2=R_4$)

b) Dissenyeu el BLOC 2 que permeti obtenir el marge de sortida V_O desitjat, tenint en compte que només disposem d'una font d'alimentació que proporciona una sortida simètrica de $\pm 15V$.

PROBLEMA 2:

Un transductor que presenta una sortida diferencial de valor Vd superposada amb una tensió en mode comú Vmc es connecta a un amplificador diferencial A1. Si considerem negligible la resistència de sortida del transductor en front de les demés resistències, i els valors dels components següents:



R1, R3 = 10KΩ
R2, R4 = 200KΩ

A1 = Amplificador operacional OP07, amb els següents paràmetres:

PSRR = 150μV/V

$V_{IO} = 6mV$ a $25°C$ $\qquad \dfrac{\Delta V_{IO}}{\Delta T} = 30\mu V/°C$

$I_{IO} = 200nA$ a $25°C$ $\qquad \dfrac{\Delta I_{IO}}{\Delta T} = 2nA/°C$

$I_{IB} = 500nA$ a $25°C$ $\qquad \dfrac{\Delta I_{IB}}{\Delta T} = 5nA/°C$

Calculeu:

a) Màxima tensió d'error que podem esperar a la sortida, sense ajustar l'offset, a 35°C de temperatura ambient, si la tensió d'entrada és Vd=0V i la tensió d'alimentació és Vcc=±15,0V.

b) Suposant que haguem compensat la tensió d'offset a 15°C de temperatura ambient, de manera que Vo=0 quan Vd=0V i Vcc=±15,0V, trobeu la màxima tensió d'error que podem esperar a la sortida, si la temperatura ambient pot variar entre 0°C i 40°C, i la tensió d'alimentació té una deriva tèrmica màxima de +750ppm/°C.

c) Calculeu la màxima tensió d'error que podem esperar a la sortida, deguda només al CMRR, si els resistors tenen les toleràncies següents:

R1, R3 = 10KΩ , ±1%
R2, R4 = 200KΩ , ±2%
$CMRR_{operacional}$ = 70dB

i la tensió en mode comú de l'entrada val Vmc = 5,0V

PROBLEMA 3

Un sistema d'adquisició de dades està format pels següents circuits:

1.- Un multiplexor analògic unipolar de 4 canals, que efectua el TDM. A cada canal d'entrada se li assigna el mateix temps.

$t_{s(MUX)} = 1\mu s$

2.- Un amplificador programable que adapta el marge dels senyals d'entrada al marge de l'ADC.

$t_{s(AMP)} = 5\mu s$

3.- Un amplificador de mostreig i retenció que s'utilitza per adquirir els senyals ràpids.

$t_{ac} = 2\mu s$ $\quad$ $t_{ap} = 100ns$

$t_{s,H} = 2\mu s$ $\quad$ $R_{ON} = 1K\Omega$

$\sum I_{pèrdues} = 1,5nA$

4.- Un convertidor analògic/digital d'aproximacions successives.

Marge d'entrada comprès entre 0V i +10V

$t_C = 50\mu s$

$e_{analògic} = \pm 3/4$ LSB

"n" bits

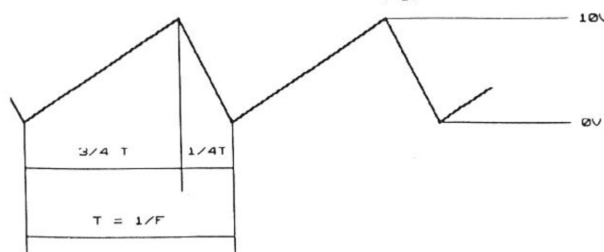
a) Calculeu:

a1) Màxima velocitat repetitiva de conversió del convertidor.
a2) Màxima velocitat repetitiva d'adquisició de dades del sistema.
a3) Màxima velocitat repetitiva d'adquisició de dades de cada canal.
a4) Màxim component freqüencial que pot haver-hi a l'entrada de cada canal, i que està limitat per Nyquist.

Si els senyals d'entrada (després de l'amplificador programable) són:

$S_1 = 10/2\ (1 + \sin 2\pi ft)$ Volts $\qquad$ S/N (S_1) = 53dB

S_2 = dent de serra $\qquad$ S/N (S_2) = 55dB



S_3 i S_4 = senyals analògics aleatoris $\qquad$ S/N (S_3) = 49dB

S/N (S_4) = 56dB

Calculeu:

b) Marge dinàmic i resolució que ha de tenir l'ADC.

Suposem que el resultat de l'apartat b1) hagi estat "n" = 10 bits.

c) Quina és la capacitat mínima que pot tenir el condensador de retenció del S/H per tal que la seva deriva sigui menor que l'error final de l'ADC.

d) La freqüència màxima que poden tenir els senyals d'entrada S_1 i S_2, limitada només pel seu Slew-Rate, amb S/H i sense el S/H.

e) Quina seria, finalment, la freqüència màxima que podrien tenir els senyals d'entrada S_1 i S_2, per tal que l'error en la sortida de l'ADC fos més petit que el seu error final.

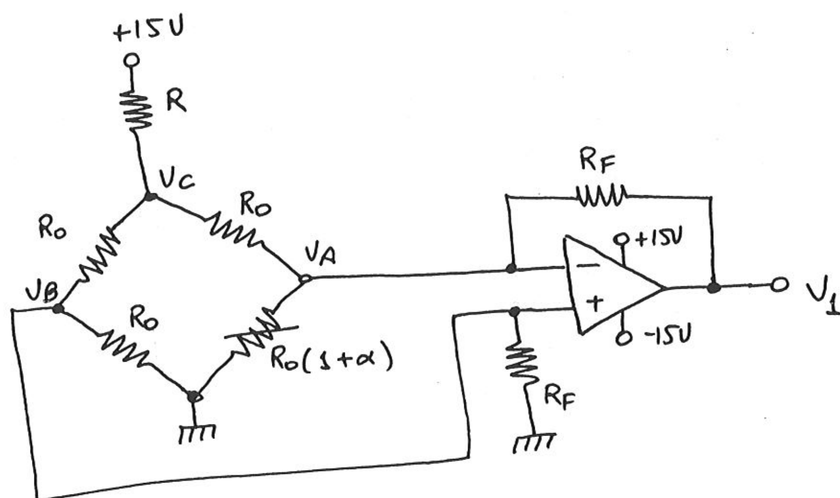
ADQUISICIÓ DEL SENYAL

FJUNY95 - 1

Examen Final, Juny 1995

PROBLEMA 1

a) Troben els valors d'R i R_F



* Ens diuen que $I_g = 10\ mA$, i que $R_o = 120\,\Omega$

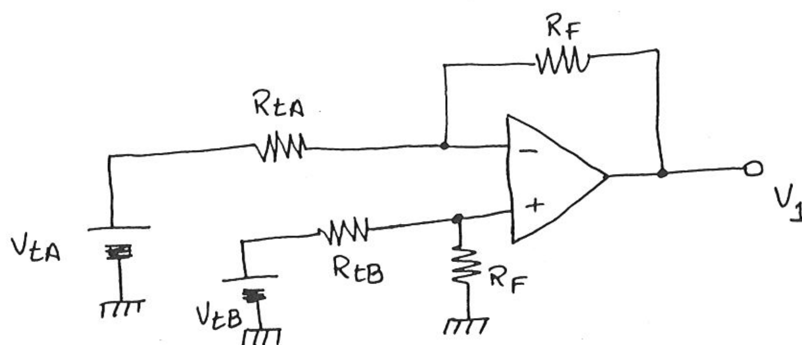
Per tant, $I_R = 2 \times 10\ mA = 20\ mA$

$$R = \frac{V_R}{I_R} = \frac{15 - V_C}{20\ mA} ;$$

$$V_c = 10\,mA \times (2 \times 120\,\Omega) = 2{,}4\,V.$$

$$R = \frac{15 - 2{,}4}{20\,mA} = \boxed{630\,\Omega}$$

* Ara trobarem l'eq. thévenin del pont de wheatstone.



FJUNY95-2

En aquest circuit,

$$R_{tA} = \frac{R_0 \cdot R_0(1+\alpha)}{R_0 + R_0(1+\alpha)} = \frac{R_0(1+\alpha)}{2+\alpha} = \frac{120(1+\alpha)}{2+\alpha}\ \Omega$$

$$V_{tA} = V_c \frac{R_0(1+\alpha)}{R_0 + R_0(1+\alpha)} = V_c \frac{1+\alpha}{2+\alpha} = 2{,}4 \frac{1+\alpha}{2+\alpha}\ V.$$

$$R_{tB} = R_0 // R_0 = \frac{R_0}{2} = 60\ \Omega$$

$$V_{tB} = V_c \frac{R_0}{2R_0} = \frac{V_c}{2} = 1{,}2\ V.$$

Ens diuen que considerem l'amplificador diferencial ideal, és a dir,

$$R_{tA} = R_{tB} = 60\ \Omega$$

En conseqüència, $V_1 = \frac{R_F}{R_t}(V_{tB} - V_{tA})$.

1) per una deformació de $0\mu\varepsilon$, tenim que.

$$\alpha = K\cdot\varepsilon = 2\cdot 0 = 0. \quad ; \quad V_{tA} = 2{,}4\ \frac{1}{2} = 1{,}2V$$

$$V_1 = \frac{R_F}{60\Omega}\underbrace{(1{,}2-1{,}2)}_{0} = 0$$ i ja compleix, sigui quin sigui el valor de R_F.

2) per una deformació de $1000\mu\varepsilon$, tenim que

$$\alpha = K\cdot\varepsilon = 2\times 0{,}001 = 0{,}002 \ ; \ V_{tA} = 2{,}4\ \frac{1+0{,}002}{2+0{,}002} = 1{,}2011988$$

$$V_1 = \frac{R_F}{60\Omega}(1{,}2 - 1{,}2011988) = \underline{\underline{-1}}$$

per tant, $\underline{\underline{R_F}} = \frac{-60}{-0{,}0011988} = \boxed{50.050\ \Omega \simeq 50\ K\Omega}$

Així doncs, $R = 630\ \Omega$

$R_F = 50.050\ \Omega$



b) Dissenyeu el bloc 2

* Marge d'entrada del bloc 2

$$-1 \leq V_1 \leq 0 \quad \rightarrow \quad M.E. = -1 - 0 = -1V$$

* Marge de sortida del bloc 2

$$+5V \geq V_o \geq -5V \quad \rightarrow \quad M.S = 5 - (-5) = 10V$$

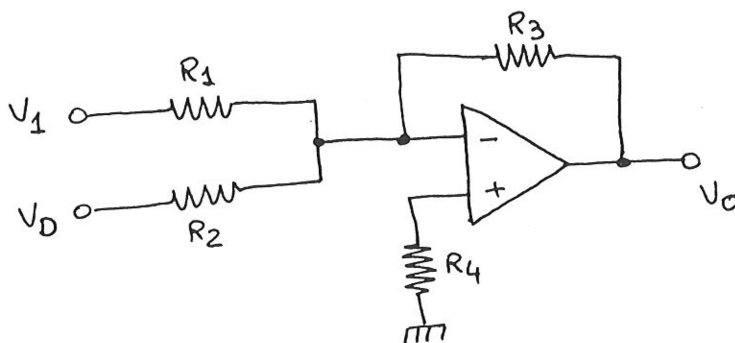
per tant, el bloc 2 ha de tenir un guany de:

$$G_{Bloc2} = \frac{MS}{ME} = \frac{10V}{-1V} = \boxed{-10}$$

és un amplificador inversor de guany 10

Si $V_1 = 0V$, $V_o = 0 \times (-10) = 0V$
$V_1 = -1V$, $V_o = -1 \times (-10) = 10V$

al mateix temps, el circuit ha d'afeg un offset de $-5V$.



En aquest circuit tenim que:

$$V_o = -R_3 \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_D}{R_2} \right)$$

a) per $V_1 = \phi V \rightarrow V_o = -5V$.

$$-5V = -R_3 \left(\frac{0}{R_1} + \frac{V_D}{R_2} \right)$$

$$5 = \frac{R_3}{R_2} \cdot V_D.$$

com que V_D només pot ser $+15V$ ó $-15V$, aleshores fem $V_D = +15V$

$$5 = \frac{R_3}{R_2} \cdot 15 \; ; \quad \boxed{R_2 = 3R_3} \quad ; \quad \boxed{V_D = +15V}$$

b) per $V_1 = -1V$, $\rightarrow$ $V_o = +5V$.

$$+5V = -R_3 \left(\frac{-1}{R_1} + \frac{15}{R_2} \right)$$ i com que $R_2 = 3R_3$

$$5 = \frac{R_3}{R_1} - \frac{15R_3}{3R_3} = \frac{R_3}{R_1} - 5$$

$$\frac{R_3}{R_1} = 10 \quad ; \quad \boxed{R_3 = 10\,R_1}$$

Si fem, per exemple, $R_1 = 1K\Omega$, aleshores

$R_3 = 10K\Omega$

$R_2 = 30K\Omega$.

Finalment, per minimitzar l'efecte dels corrents de polarització,

$$R_4 = R_1 \,//\, R_2 \,//\, R_3$$

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1}{1K} + \frac{1}{10K} + \frac{1}{30K} \; ; \quad R_4 = 882\,\Omega.$$

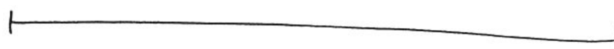
$V_D = +15V$

$R_1 = 1K\Omega$

$R_2 = 30K\Omega$

$R_3 = 10K\Omega$

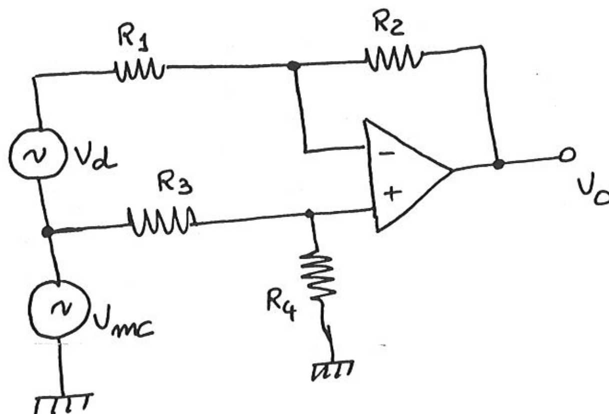
$R_4 = 882\,\Omega$



FJUNY95-5

PROBLEMA-2

a) Calculeu la màxima tensió d'error a la sortida, a 35°C de Tamb.



$R_1, R_3 = 10\,K\Omega$

$R_2, R_4 = 200\,K\Omega$

$\frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} = 30\mu V/°C$

$\frac{\Delta I_{io}}{\Delta T} = 2mA/°C$

$\frac{\Delta I_{IB}}{\Delta T} = 5mA/°C.$

$V_{io} = 6\,mV$ a 25°C

$I_{IO} = 200mA$ a 25°C

$I_{IB} = 500\,mA$ a 25°C

$PSRR = 150\mu V/V$

Com que l'efecte dels corrents de polarització està compensat. ($R_3 \parallel R_4 = R_1 \parallel R_2$), aleshores utilitzarem I_{IO} en lloc de I_{IB}.

1) Calculem V_{io} a l'entrada, a 35°C. ($\Delta T = 35 - 25 = 10°C$)

$$V_{io}\big|_{35°C} = V_{io}\big|_{25°C} + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} \cdot 10°C = 6mV + 30\mu V/_{°C} \times 10°C = 6,3$$

$$I_{IO}\big|_{35°C} = I_{IO}\big|_{25°C} + \frac{\Delta I_{IO}}{\Delta T} \cdot 10°C = 200mA + 2\,mA/_{°C} \times 10°C = 220m$$

2) calculem la tensió d'error a la sortida.

$$V_{O\,error} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{io}\big|_{35°C} + R_2 \cdot I_{IO}\big|_{35°C}$$

$$\underline{V_{O\,error}} = \left(1+\frac{200K}{10K}\right)\cdot 6{,}3\,mV + 200K\Omega \cdot 220\,nA = 176{,}3\,mV$$



b) Trobem la màxima tensió d'error en les noves condicions

* Tensió d'offset compensada a : $T_{amb} = 15°C$

$V_d = 0\,V$

$V_{cc} = \pm 15{,}0\,V$.

en aquestes condicions, $V_o = 0\,V$.

* Noves condicions : $0°C \leq T_{amb} \leq 40°C$

deriva font d'alimentació $\frac{\Delta V_{cc}}{\Delta T} = 750\,ppm/°C$

deriva de la tensió d'offset a l'entrada deguda a les variacions d'Vcc

$$\frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} = PSRR = 150\,\mu V/V.$$

→ A partir del moment que hem compensat l'offset en unes condicions determinades, ja només hi haurà derives.

Deriva tèrmica màxima:

$0 - 15°C = -15°C$

$40 - 15°C = +25°C$

$$\underline{\Delta T_{màx} = +25°C}$$

Deriva de la font d'alimentació:

$$\Delta V_{cc} = \frac{\Delta V_{cc}}{\Delta T}\cdot \Delta T = \frac{750}{1000000}\cdot(2\times 15\,V)\times 25°C = 0{,}5625\,V.$$

Finalment, la deriva d'V_{io} deguda a la variació d'V_{cc} serà :

$$\Delta V_{io}\big|_{V_{cc}} = \underbrace{\frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}}}_{PSRR} \cdot \Delta V_{cc} = 150\,\mu V/V \times 0{,}5625\,V = 0{,}085\ mV.$$

La tensió d'offset a l'entrada serà:

$$V_{io} = \frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} \times \Delta T + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} \times \Delta V_{cc}$$

$$V_{io} = 30\,\mu V/{}^{o}C \times 25^{o}C + 85\,\mu V = 835\,\mu V.$$

El corrent d'offset a l'entrada serà.

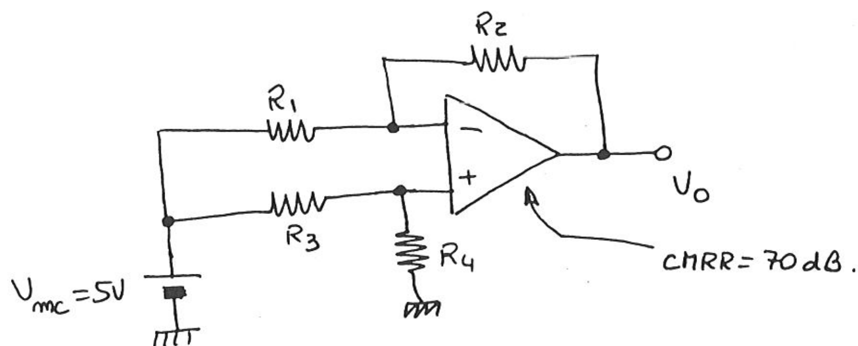
$$I_{IO} = \frac{\Delta I_{IO}}{\Delta T} \cdot \Delta T = 2\,nA/{}^{o}C \times 25^{o}C = 50\,nA.$$

Finalment,

$$\underline{\underline{V_{O\ error}}} = \left(1 + \frac{200}{10}\right) \cdot 835\,\mu V + 200.000\,\Omega \cdot 50\,nA = \boxed{27{,}54\ mV.}$$

---

c) Calcular la tensió d'error a la sortida deguda, només, al CMRR



En aquest circuit tenim dues fonts de CMRR

1) el propi de l'operacional, $CMRR_{op} = 70\ dB$

2) degut al desaparellament dels resistors, $CMRR_R$.

1) CMRR de l'operacional.

$$CMRR_{op} = 70\,dB = 10^{70/20} = 3.162,3$$

2) CMRR degut al desaparellament dels resistors.

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{R_1R_4 + R_2R_3 + 2R_2R_4}{R_1R_4 - R_2R_3}.$$

El cas pitjor, (CMRR més petit) és quan el denominador és màxim

$$R_{1\,màx} = 10K\Omega + 1\% = 10,1\,K\Omega$$

$$R_{2\,mín} = 200\,K\Omega - 2\% = 196\,K\Omega$$

$$R_{3\,mín} = 10\,K\Omega - 1\% = 9,9\,K\Omega$$

$$R_{4\,màx} = 200\,K\Omega + 2\% = 204\,K\Omega$$

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{10,1\times 204 + 196\times 9,9 + 2\times 196\times 204}{10,1\times 204 - 9,9\times 196} = 349,87 = 50,9\,dB.$$

I el $CMRR_{Total}$ serà:

$$CMRR_T = 3.162,3 \,//\, 349,87 = 315$$

Només ens falta saber el guany diferencial del circuit

$$G_d = \frac{1}{2}\left[\frac{R_2}{R_1} + \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\right]$$

$$G_d = \frac{1}{2}\left[\frac{196}{10,1} + \left(1+\frac{196}{10,1}\right)\left(\frac{204}{9,9+204}\right)\right] = 19,43$$

Finalment,

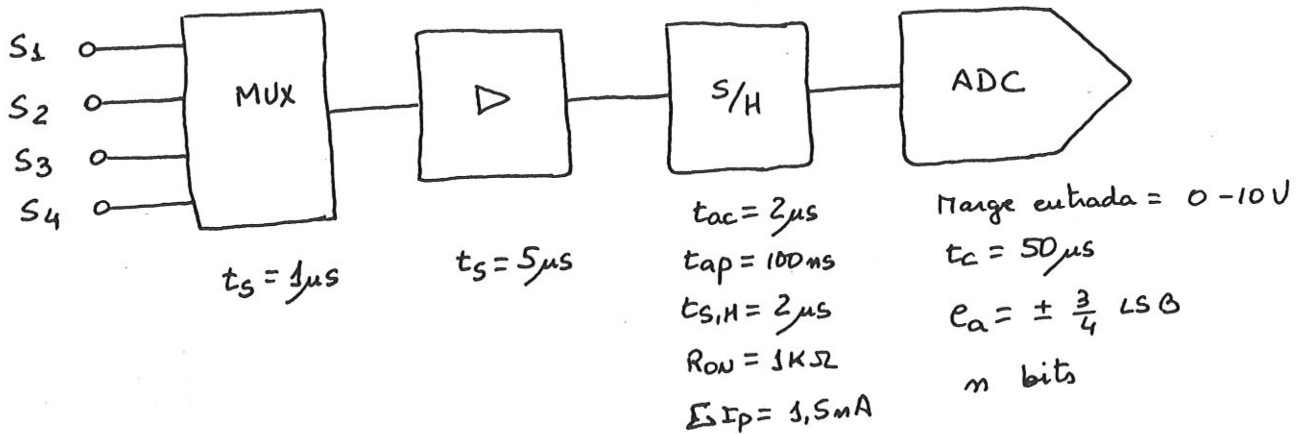
$$V_o = G_d\left(v_i + \frac{V_{mc}}{CMRR}\right), \quad i \text{ si } \quad v_i = 0$$

$$\underline{\underline{V_o}} = 19,43 \cdot \frac{5V}{315} \cong \boxed{308,5\,mV}$$



PROBLEMA - 3

a) Calculeu



a1) Màxima velocitat repetitiva de conversió del convertidor.

$$V_{MRC} = \frac{1}{t_c} = \frac{1}{50\mu s} = 20.000 \text{ convers/s}$$

a2) Màx. velocitat repetitiva d'adq. de dades del sistema

$$V_{MRA} = \frac{1}{t_{S_{MUX}} + t_{S_{AMP}} + t_{ac} + t_{ap} + t_{S,H} + t_c}$$

$$V_{MRA} = \frac{1}{5\mu s + 1\mu s + 2\mu s + 100 ns + 2\mu s + 50\mu s} = \underline{16.640 \text{ adq/s}}$$

a3) Màx velocitat repetitiva per canal.

$$V_{MRA} \text{ per canal} = \frac{1}{4} V_{MRA} = \frac{1}{4} \cdot 16.640 = 4.160 \text{ adq/s}$$

a4) Màx. component freqüencial a l'entrada per canal

Segons Nyquist, $F_{i\,màx} \leq \frac{1}{2} F_{sample} = \frac{1}{2} \cdot 4160 = 2080 \text{ Hz}$

$$F_{i\,màx} = 2080 \text{ Hz}$$



b) Marge dinàmic i resolució de l'ADC

Calculem l'error final de l'ADC

$$e_f = \left(\pm \frac{q}{2}\right) + \left(\pm \frac{3}{4} q\right) = \pm \frac{5}{4} q = \pm \frac{5}{4} \frac{V_{FE}}{2^n}$$

el soroll eficaç d'aquest convertidor és:

$$V_{n\ ADC} = \frac{5}{2} \cdot \frac{q}{\sqrt{12}} = \frac{5}{2} \frac{V_{FE}}{2^n \sqrt{12}} \ V_{rms}.$$

el marge dinàmic és:

$$DR = 20 \log \frac{V_{FE}}{V_n} = 20 \log \frac{V_{FE}}{\frac{5}{2} \frac{V_{FE}}{2^n \sqrt{12}}} = 20 \log \frac{2}{5} \cdot 2^n \sqrt{12}$$

Si $n = 8$ bits $\rightarrow$ $DR = 51$ dB

(Si $n = 9$ bits $\rightarrow$ $DR = 57{,}02$ dB

Si $n = 10$ bits $\rightarrow$ $DR = 63{,}04$ dB.

Com que el senyal d'entrada que té la relació S/N més bona és S4 $\rightarrow$ $S/N = 56$ dB, aleshores resulta que la resolució ideal és $n = 9$ bits.

Per $n = 9$ bits, $DR_{ADC} \geq S/N\ (S_4)$.

$n = 9$ bits, $DR = 57$ dB



c) Capacitat mínima del condensador de retenció

Calculem el nou error final de l'ADC.

$$e_{f\ ADC} = \pm \frac{5}{4} q = \pm \frac{5}{4} \frac{V_{FE}}{2^{10}} = \pm \frac{5}{4} \frac{10V}{1024} = \pm 12{,}2 \text{ mV}.$$

FJUNY95-11

Per tant, la màxima deriva durant tot el temps que dura la conversió ha de ser igual a ± 12,2 mV.

$$\frac{\Delta V_{màx}}{\Delta t} = \frac{1}{C} \cdot I$$

$$\frac{12{,}2\,mV}{50\,\mu s} = \frac{1}{C} \cdot 1{,}5\,mA \quad ; \quad C = \frac{1{,}5\,mA \cdot 50\,\mu s}{12{,}2\,mV} = 6{,}15\,pF$$

$$\boxed{C_{min} = 6{,}15\,pF}$$

---

d) Freqüència màxima dels senyals S_1 i S_2, amb i sense S/H

aquest $f_{màx}$ està limitada només pel seu slew-rate i l'error de l'ADC.

Senyal S1 (Sense S/H)

Tenim que $e_{f\,ADC} = \pm 12{,}2\,mV$, per tant:

$$\left.\frac{d\,S_1(t)}{dt}\right|_{màx} \times t_C \leq \pm 12{,}2\,mV.$$

$$\pm \frac{10}{2} 2\pi f \times 50\,\mu s \leq 12{,}2\,mV.$$

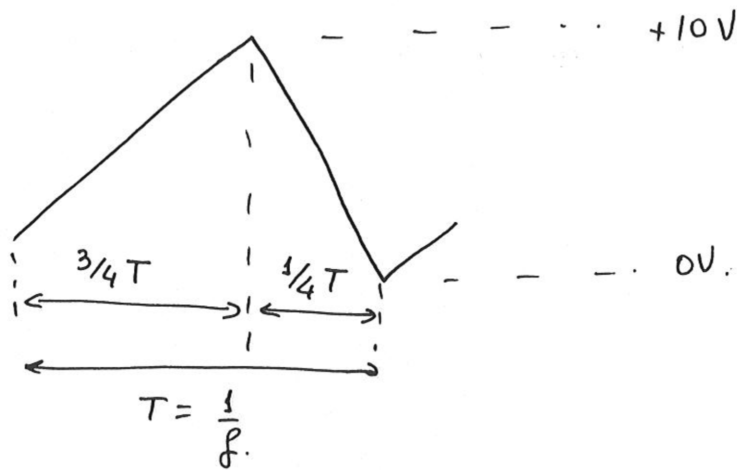
$$\boxed{f_{màx} = 7{,}77\,Hz.}$$

amb S/H

Hem de substituir t_C per t_{ap}.

$$f_{màx} = \frac{12{,}2\,mV}{\frac{10}{2} \cdot 2\pi \cdot 100\,ns} = \boxed{3.883\,Hz}$$

Senyal S_2 (Sense S/H)



Hem de calcular la seva derivada màxima, que succeeix en la rampa de baixada.

$$S_2(t)\Big|_{\frac{3T}{4}}^{T} = 10(1-4ft)$$

$$\left.\frac{dS_2(t)}{dt}\right|_{màx} = -40f.$$

així doncs.

$$-40f \cdot 50\mu s \leq -12{,}2\,mV.$$

$$\underline{\underline{F_{màx}}} = \frac{12{,}2\,mV}{40 \cdot 50\mu s} = \boxed{6{,}1\,Hz}$$

Amb S/H

Substituïm t_c per t_{ap}

$$\underline{\underline{F_{màx}}} = \frac{12{,}2\,mV}{40 \cdot 100\,ns} = \boxed{3050\,Hz}$$

e) Freqüència màxima dels senyals d'entrada.

Senyal S1

La màxima freq. de mostreig del canal 1 és igual a la màxima velocitat repetitiva d'adq. de dades per aquest canal.

$$F_{S\,màx} = 4.160\ Hz.$$

→ Segons Nyquist, la $fi_{màx}$ serà

$$fi_{màx} = \frac{1}{2}\,4160 = 2080\ Hz.$$

→ Degut a la velocitat de variació i el temps d'adquisició (apartat d anterior),

$$fi_{màx} = 3.883\ Hz.$$

El pitjor cas és la limitació del mostreig.

$fi_{màx}(S_1) = 2080\ Hz$, ja que el senyal és sinusoida i la seva freq. correspon amb el màxim component freqüencial.

Senyal S2

Nyquist → $fi_{màx} = 2080\ Hz.$

slew-rate → $fi_{màx} = 3050\ Hz.$

D'aquí deduïm que el màxim component freq. a l'entrada serà de 2080 Hz. → Com que és una ona en dent de serra, i té compon freqüencials fins l'infinit, una bona restricció seria dividir $fi_{màx}$ p

així, podriem dir que una freq. d'entrada màx de 208 Hz, amb el seu corresponent filtre anti-aliasing seria un bon compromí





UNIVERSITAT DE VIC
Escola Politècnica Superior
E.T. de Telecomunicació
Especialitat en Sistemes de Telecomunicació

ADQUISICIÓ DEL SENYAL

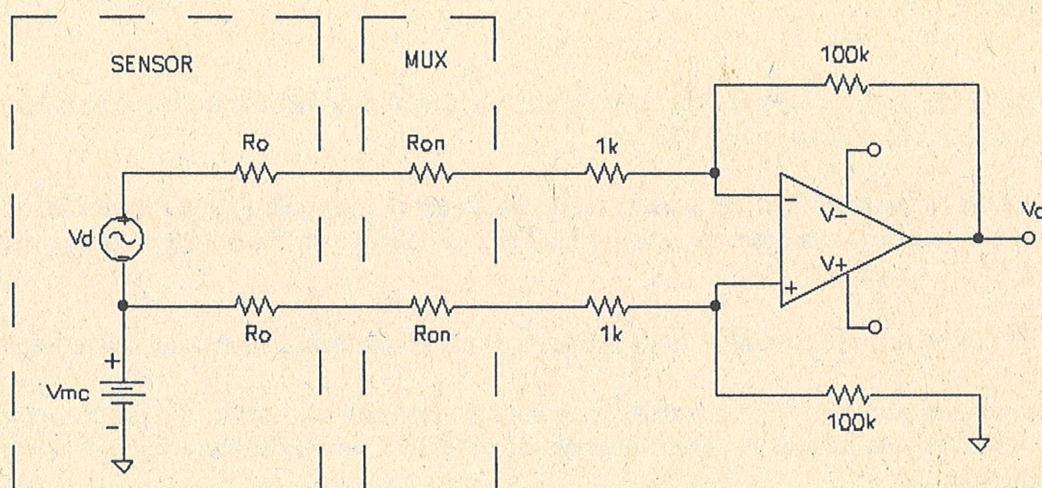
Examen final

2 de juliol de 1997

PROBLEMA 1

Un determinat sensor diferencial presenta a la seva sortida una tensió en mode comú V_{MC}=5V , una tensió diferencial màxima V_d=150mV i unes impedàncies de sortida R_O=100Ω ±2%. La sortida del sensor s'aplica a un amplificador diferencial a través d'un multiplexor. Les resistències de canal del multiplexor són de 500Ω ±1%.

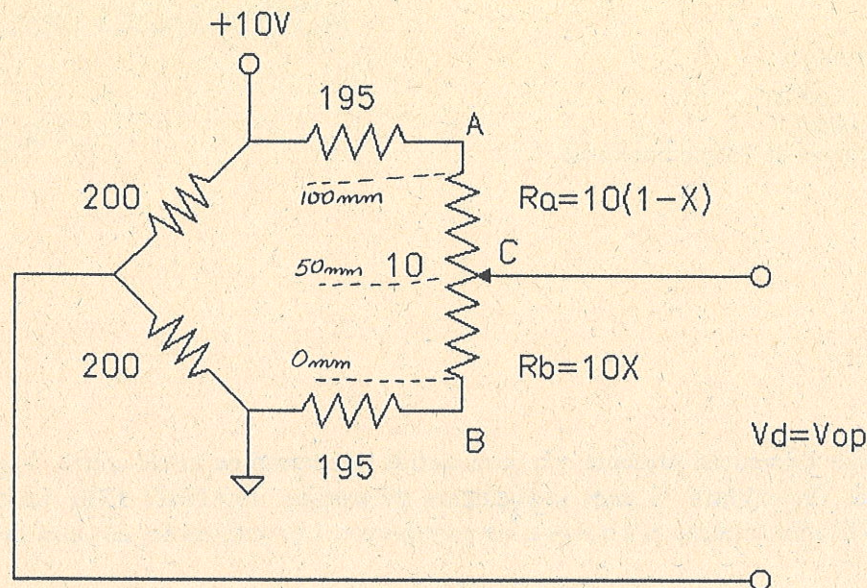
Si els resistors de l'amplificador diferencial tenen una tolerància de ±1% , i l'amplificador operacional té un $CMRR_{mínim}$=75dB



a) Calculeu la tensió d'error màxima que podem esperar a la sortida deguda només a la tensió en mode comú. Quin és l'error relatiu (en %) respecte a la tensió de fons d'escala. **(2 punts)**

b) Si el sensor de posició o de desplaçament és un potenciòmetre lineal de 10Ω i 10cm de recorregut, muntat en el següent pont de Wheatstone, trobeu el desplaçament màxim del punt central C cap als extrems A i B respecte del punt central o de repòs (distància B-C = 5cm i distància C-A = 5cm) si les tensions màximes que s'obtenen a la sortida de l'amplificador diferencial són: **(2 punts)**

$$-6{,}25V \leq V_O \leq +7{,}5V$$



PROBLEMA 2

Un sensor lineal de posició ofereix a la seva sortida un senyal que varia entre 0 i 10mV quan mesurem desplaçaments compresos entre 0mm i 100mm.

a) Quina és la sensibilitat del sensor?. Quin ha de ser el guany de l'Amplificador d'Instrumentació que coloquem a continuació, si la sortida l'hem d'aplicar a un CAD amb un marge d'entrada de 0 a 5V. **(1 punt)**

b) Si volem una resolució de 0.1mm, quina ha de ser la resolució (en bits) del convertidor?. **(1 punt)**

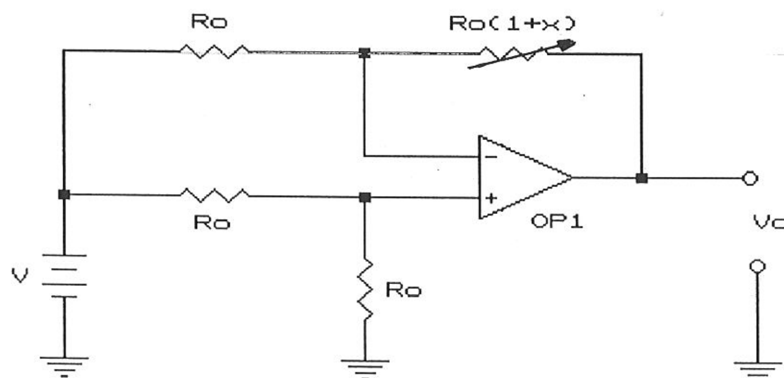
Sigui quin sigui el resultat de l'apartat anterior, pels següents apartats considereu N=10bits. Suposeu, també, que el desplaçament que mesura el sensor presenta una variació sinusoïdal entre 0mm i 100mm amb una freqüència de 5Hz.

c) Amb el desplaçament indicat en l'apartat anterior s'ha mesurat a l'entrada de l'A.I. una S/N=67dB. Si l'A.I. provoca un **soroll intrínsec a la seva sortida** de 800μVrms, quin error (en LSB o fraccions d'LSB), com a màxim, pot tenir el convertidor (apart dels de quantificació) per tal que el seu marge dinàmic sigui superior o igual a la S/N del senyal present a l'entrada del convertidor. **(2 punts)**

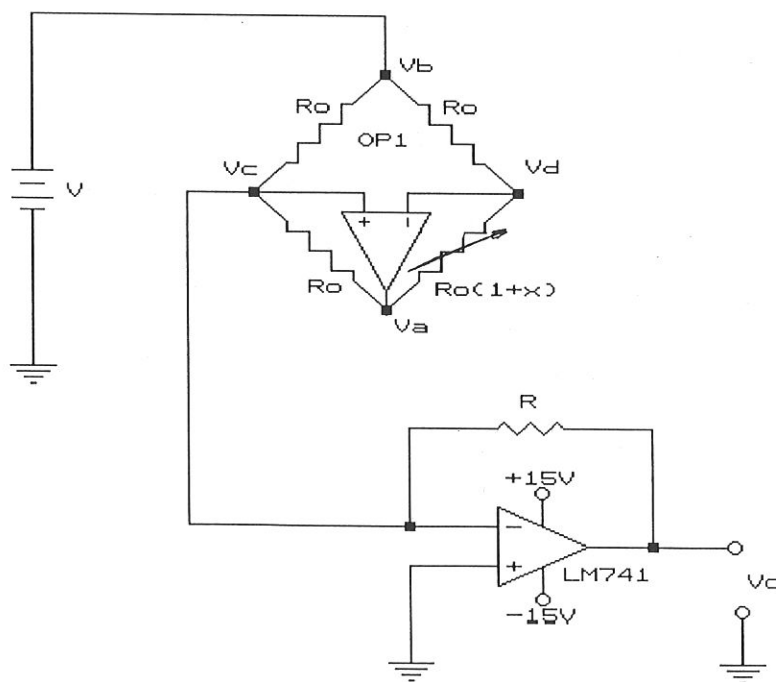
d) El temps de conversió del CAD és t_c=100μs. El temps d'establiment de l'A.I. és de 10μs, i el temps de lectura del μP és de 5μs. Suposant que l'error màxim de no-linealitat del convertidor és de ±1,5LSB, fa falta afegir un S/H al sistema de mesura si volem que l'error es mantingui inferior a l'error màxim del CAD?. I en cas que el senyal d'entrada sigui aleatori, amb un Slew-Rate $SR_{màxim}$=0,1mm/μs?. Si fa falta un circuit de S/H, calculeu el màxim temps d'obertura permès. **(2 punts)**

PROBLEMA 1

Donat el circuit de la primera figura, demostreu que la tensió de sortida del condicionador és lineal respecte de les variacions de resistència "x" del transductor.



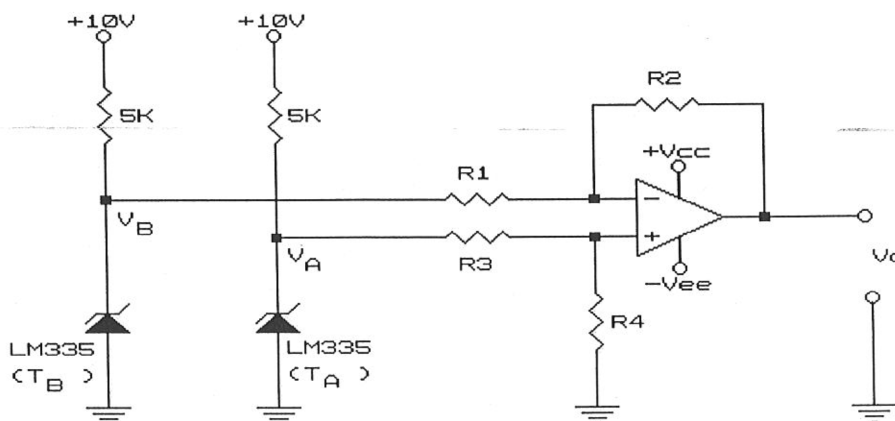
Compareu la sortida del circuit anterior amb la sortida del circuit següent, que també és un condicionador de senyal pel mateix transductor.



PROBLEMA 2

El següent circuit serveix per mesurar la diferència de temperatures entre dos recintes A i B (T_A - T_B) amb dos transductors LM335. El marge de temperatures de cada recinte pot variar entre 0°C i 100°C. La tensió de sortida s'ha de comportar de manera lineal respecte de la diferència de temperatures, de manera que:

Si $T_A - T_B = 100°C$ aleshores Vo = +10V
Si $T_A - T_B = 0°C$ aleshores Vo = 0V
Si $T_A - T_B = -100°C$ aleshores Vo = -10V



V_{CC} = +15V, ±1%
V_{EE} = -15V, ±1%

R1 = 10KΩ
R3 = 10KΩ

V_A = 10mV/K * T_A (K) a partir de 0K
V_B = 10mV/K * T_B (K) a partir de 0K

Si considerem negligible la resistència de sortida dels LM335, calculeu:

a) El valor d' R2 i R4.

b) Si l'amplificador operacional és del tipus OP07, calculeu el màxim error que podem esperar a la sortida degut als desequilibris i derives en cas que la seva temperatura de funcionament sigui de 45°C.

c) En cas que haguem ajustat l'offset del circuit, de tal manera que Vo=0V quan $V_A = V_B = 0V$, i quan l'operacional estava a una temperatura de 40°C, calculeu el màxim error que podrem esperar a la sortida, al cap de tres mesos, quan $T_A = T_B = 50°C$, si la temperatura de funcionament de l'operacional pot ser qualsevol compresa entre 30°C i 55°C, i si suposem que la tolerància dels 4 resistors és de ±1%. (Nota: suposeu CMRRop = 90dB).

d) Quin seria el màxim error que podriem esperar en la sortida en l'apartat c) si, ademés de compensar l'offset, haguéssim ajustat el CMRR quan $T_A = T_B = 0°C$

Electrical Characteristics

Unless otherwise specified, $V_S = \pm 15V$, $T_A = 25°C$. Boldface type refers to limits over $0°C \le T_A \le 70°C$

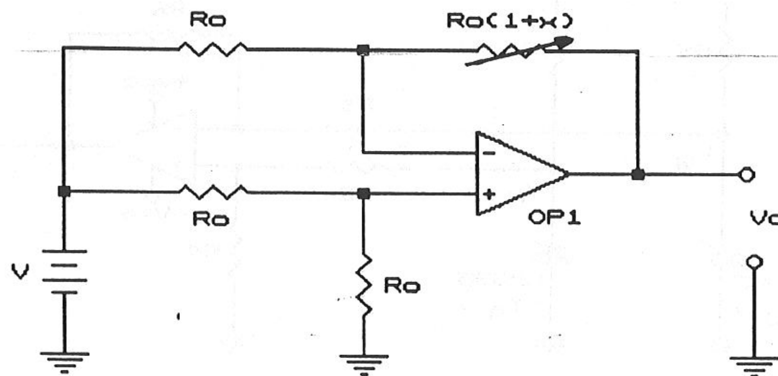
Symbol	Parameter	Conditions	OP-07E Min	OP-07E Typ	OP-07E Max	OP-07C Min	OP-07C Typ	OP-07C Max	Units
V_{OS}	Input Offset Voltage	(Note 1)		30 **45**	75 **130**		60 **85**	150 **250**	μV
$V_{OS/t}$	Long-Term V_{OS} Stability	(Note 2)		0.3	1.5		0.4	2.0	μV/Mo
I_{OS}	Input Offset Current			0.5 **0.9**	3.8 **5.3**		0.8 **1.6**	6.0 **8.0**	nA
I_B	Input Bias Current			±1.2 **±1.5**	±4.0 **±5.5**		±1.8 **±2.2**	±7.0 **±9.0**	nA
$e_{np\text{-}p}$	Input Noise Voltage	0.1 Hz to 10 Hz (Note 3)		0.35	0.6		0.38	0.65	$\mu V_{p\text{-}p}$
e_n	Input Noise Voltage Density	$f_O = 10$ Hz $f_O = 100$ Hz (Note 3) $f_O = 1000$ Hz		10.3 10.0 9.6	18.0 13.0 11.0		10.5 10.2 9.8	20.0 13.5 11.5	nV/√Hz
$i_{np\text{-}p}$	Input Noise Current	0.1 Hz to 10 Hz (Note 3)		14	30		15	35	$pA_{p\text{-}p}$
i_n	Input Noise Current Density	$f_O = 10$ Hz $f_O = 100$ Hz (Note 3) $f_O = 1000$ Hz		0.32 0.14 0.12	0.80 0.23 0.17		0.35 0.15 0.13	0.90 0.27 0.18	pA/√Hz
R_{IN}	Input Resistance, Differential-Mode	(Note 4)	15	50		8	33		MΩ
R_{INCM}	Input Resistance Common-Mode			160			120		GΩ
IVR	Input Voltage Range		±13.0	±14.0		±13	±14		V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = \pm 13V$	106 **103**	123 **123**		100 **97**	120 **120**		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = \pm 3V$ to $\pm 18V$ $V_S = \pm 3V$ to $\pm 18V$		5 **7**	20 **32**		7 **10**	32 **51**	μV/V
A_{VO}	Large Signal Voltage Gain	$R_L \ge 2\ k\Omega$, $V_O = \pm 10V$ $R_L \ge 2\ k\Omega$ $R_L \ge 500\Omega$, $V_O = \pm 0.5V$, $V_S = \pm 3V$ (Note 4)	200 **180** 150	500 **450** 400		120 **100** 100	400 **400** 400		V/mV
V_O	Output Voltage Swing	$R_L \ge 10\ k\Omega$ $R_L \ge 2\ k\Omega$ $R_L \ge 2\ k\Omega$ $R_L \ge 1\ k\Omega$	±12.5 ±12.0 **±12.0** ±10.5	±13.0 ±12.8 **±12.6** ±12.0		±12.0 ±11.5 **±11.0**	±13.0 ±12.8 **±12.6** ±12.0		V
SR	Slew Rate	$R_L \ge 2\ k\Omega$ (Note 3)	0.1	0.3		0.1	0.3		V/μs
BW	Closed-Loop Bandwidth	$A_{VCL} = +1$ (Note 3)	0.4	0.6		0.4	0.6		MHz
R_O	Output Resistance	$V_O = 0$, $I_O = 0$		60			60		Ω
P_d	Power Consumption	$V_S = \pm 15V$, No Load $V_S = \pm 3V$, No Load		75 4	120 6		80 4	150 8	mW
	Offset Adj. Range	$R_P = 20\ k\Omega$		±4			±4		mV
TCV_{OS}	Average Input Offset Voltage Drift Without External Trim	(Note 4)		**0.3**	**1.3**		**0.5**	**1.8**	μV/°C
TCV_{OSn}	With External Trim	$R_P = 20\ k\Omega$ (Note 4)		**0.3**	**1.3**		**0.4**	**1.6**	μV/°C
TCI_{OS}	Average Input Offset Current Drift	(Note 3)		**8**	**35**		**12**	**50**	pA/°C
TCI_B	Average Input Bias Current Drift	(Note 3)		**13**	**35**		**18**	**50**	pA/°C

EUV
Estudis Universitaris de Vic
Escola Universitària Politècnica d'Osona
Adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació
especialitat en Sistemes de Telecomunicació

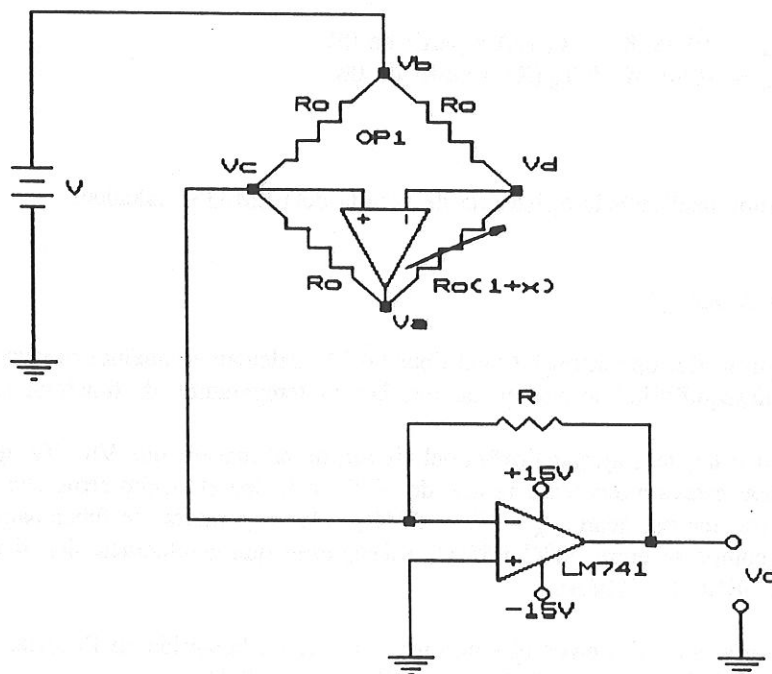
ADQUISICIÓ DEL SENYAL
examen parcial
6 d'abril de 1995

PROBLEMA 1

1p Donat el circuit de la primera figura, demostreu que la tensió de sortida del condicionador és lineal respecte de les variacions de resistència "x" del transductor.



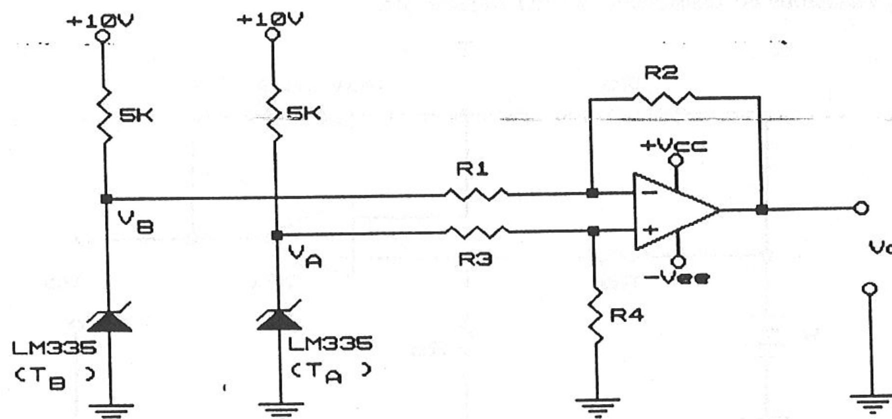
1p Compareu la sortida del circuit anterior amb la sortida del circuit següent, que també és un condicionador de senyal pel mateix transductor.



PROBLEMA 2

El següent circuit serveix per mesurar la diferència de temperatures entre dos recintes A i B (T_A - T_B) amb dos transductors LM335. El marge de temperatures de cada recinte pot variar entre 0°C i 100°C. La tensió de sortida s'ha de comportar de manera lineal respecte de la diferència de temperatures, de manera que:

Si $T_A - T_B$ = 100°C	aleshores	Vo =	+10V
Si $T_A - T_B$ = 0°C	aleshores	Vo =	0V
Si $T_A - T_B$ =-100°C	aleshores	Vo =	-10V



V_{CC} = +15V, ±1%
V_{EE} = -15V, ±1%

R1 = 10KΩ
R3 = 10KΩ

V_A = 10mV/K * T_A (K) a partir de 0K
V_B = 10mV/K * T_B (K) a partir de 0K

Si considerem negligible la resistència de sortida dels LM335, calculeu:

2p a) El valor d' R2 i R4.

2p b) Si l'amplificador operacional és del tipus OP07, calculeu el màxim error que podem esperar a la sortida degut als desequilibris i derives en cas que la seva temperatura de funcionament sigui de 45°C.

3p c) En cas que haguem ajustat l'offset del circuit, de tal manera que Vo=0V quan V_A = V_B = 0V, i quan l'operacional estava a una temperatura de 40°C, calculeu el màxim error que podrem esperar a la sortida, al cap de tres mesos, quan T_A = T_B = 50°C, si la temperatura de funcionament de l'operacional pot ser qualsevol compresa entre 30°C i 55°C, i si suposem que la tolerància dels 4 resistors és de ±1%. (Nota: suposeu CMRRop = 90dB).

1p d) Quin seria el màxim error que podriem esperar en la sortida en l'apartat c) si, además de compensar l'offset, haguéssim ajustat el CMRR quan T_A = T_B = 0°C

Electrical Characteristics

Unless otherwise specified, $V_S = \pm15V$, $T_A = 25°C$. **Boldface** type refers to limits over $0°C \le T_A \le 70°C$

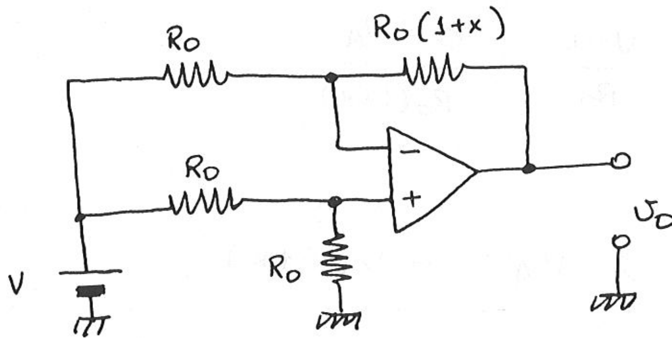
Symbol	Parameter	Conditions	OP-07E			OP-07C			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input Offset Voltage	(Note 1)		30 **45**	75 **130**		60 **85**	150 **250**	μV
$V_{OS/t}$	Long-Term V_{OS} Stability	(Note 2)		0.3	1.5		0.4	2.0	μV/Mo
I_{OS}	Input Offset Current			0.5 **0.9**	3.8 **5.3**		0.8 **1.6**	6.0 **8.0**	nA
I_B	Input Bias Current			±1.2 **±1.5**	±4.0 **±5.5**		±1.8 **±2.2**	±7.0 **±9.0**	nA
$e_{np\text{-}p}$	Input Noise Voltage	0.1 Hz to 10 Hz (Note 3)		0.35	0.6		0.38	0.65	$\mu V_{p\text{-}p}$
e_n	Input Noise Voltage Density	f_O = 10 Hz f_O = 100 Hz (Note 3) f_O = 1000 Hz		10.3 10.0 9.6	18.0 13.0 11.0		10.5 10.2 9.8	20.0 13.5 11.5	nV/√Hz
$i_{np\text{-}p}$	Input Noise Current	0.1 Hz to 10 Hz (Note 3)		14	30		15	35	$pA_{p\text{-}p}$
i_n	Input Noise Current Density	f_O = 10 Hz f_O = 100 Hz (Note 3) f_O = 1000 Hz		0.32 0.14 0.12	0.80 0.23 0.17		0.35 0.15 0.13	0.90 0.27 0.18	pA/√Hz
R_{IN}	Input Resistance, Differential-Mode	(Note 4)	15	50		8	33		MΩ
R_{INCM}	Input Resistance Common-Mode			160			120		GΩ
IVR	Input Voltage Range		±13.0	±14.0		±13	±14		V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	V_{CM} = ±13V	106 **103**	123 **123**		100 **97**	120 **120**		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	V_S = ±3V to ±18V V_S = ±3V to ±18V		5 **7**	20 **32**		7 **10**	32 **51**	μV/V
A_{VO}	Large Signal Voltage Gain	$R_L \ge$ 2 kΩ, V_O = ±10V $R_L \ge$ 2 kΩ $R_L \ge$ 500Ω, V_O = ±0.5V, V_S = ±3V (Note 4)	200 **180** 150	500 **450** 400		120 **100** 100	400 **400** 400		V/mV
V_O	Output Voltage Swing	$R_L \ge$ 10 kΩ $R_L \ge$ 2 kΩ $R_L \ge$ 2 kΩ $R_L \ge$ 1 kΩ	±12.5 ±12.0 **±12.0** ±10.5	±13.0 ±12.8 **±12.6** ±12.0		±12.0 ±11.5 **±11.0**	±13.0 ±12.8 **±12.6** ±12.0		V
SR	Slew Rate	$R_L \ge$ 2 kΩ (Note 3)	0.1	0.3		0.1	0.3		V/μs
BW	Closed-Loop Bandwidth	A_{VCL} = +1 (Note 3)	0.4	0.6		0.4	0.6		MHz
R_O	Output Resistance	V_O = 0, I_O = 0		60			60		Ω
P_d	Power Consumption	V_S = ±15V, No Load V_S = ±3V, No Load		75 4	120 6		80 4	150 8	mW
	Offset Adj. Range	R_P = 20 kΩ		±4			±4		mV
TCV_{OS} TCV_{OSn}	Average Input Offset Voltage Drift Without External Trim With External Trim	(Note 4) R_P = 20 kΩ (Note 4)		**0.3** **0.3**	**1.3** **1.3**		**0.5** **0.4**	**1.8** **1.6**	μV/°C
TCI_{OS}	Average Input Offset Current Drift	(Note 3)		**8**	**35**		**12**	**50**	pA/°C
TCI_B	Average Input Bias Current Drift	(Note 3)		**13**	**35**		**18**	**50**	pA/°C

ADQUISICIÓ DEL SENYAL

PARCIAL, ABRIL 1995

PROBLEMA - 1

a) Demostreu que la sortida del condicionador és lineal respecte d'x.



En aquest circuit, $V^+ = V \dfrac{R_0}{R_0+R_0} = \dfrac{V}{2}$

$$\frac{V-V^-}{R_0} = \frac{V^- - V_0}{R_0(1+x)} \quad ; \quad \text{com que } V^- = V^+ = \frac{V}{2}$$

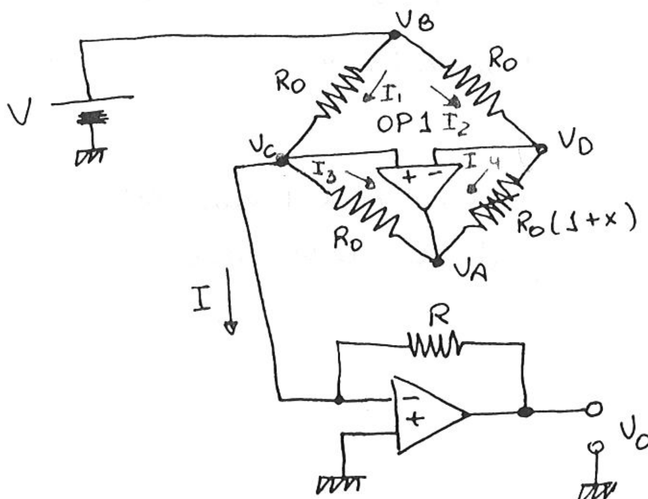
$$\frac{V-\frac{V}{2}}{R_0} = \frac{\frac{V}{2}-V_0}{R_0(1+x)} \quad ; \quad \frac{V}{2R_0} = \frac{\frac{V}{2}-V_0}{R_0(1+x)}$$

$$\frac{V}{2}(1+x) = \frac{V}{2} - V_0 \quad ; \quad \frac{V}{2} + \frac{Vx}{2} - \frac{V}{2} = -V_0$$

$$\boxed{V_0 = -\frac{V}{2}x} \Rightarrow V_0 = K \cdot x$$

i es demostra que V_0 és direct. proporcional a "x"

b) ~~Demo~~ Compareu la sortida del circuit anterior amb la del següent:



En aquest circuit, $\begin{cases} I_1 = I + I_3 \\ V_C = V_D = 0V \\ I_2 = I_4 \end{cases}$

$$\frac{V_B - V_C}{R_O} = I + \frac{V_C - V_A}{R_O} \quad ; \quad \frac{V}{R_O} = I + \frac{-V_A}{R_O} \qquad (1)$$

$$\frac{V_B - V_D}{R_O} = \frac{V_D - V_A}{R_O(1+x)} \quad ; \quad \frac{V-0}{R_O} = \frac{0 - V_A}{R_O(1+x)}$$

$$\frac{V R_O (1+x)}{R_O} = -V_A \quad ; \quad V_A = -V(1+x)$$

Substituïm aquest valor en (1)

$$\frac{V}{R_O} = I + \frac{V(1+x)}{R_O} \quad ; \quad I = \frac{V}{R_O} - \frac{V}{R_O} - \frac{Vx}{R_O}$$

$$I = -\frac{V}{R_O}x.$$

L'últim OP-AMP és un convertidor I/V.

$$\boxed{V_O = -IR = V\frac{R}{R_O}x}$$

La qual cosa demostra que també és lineal.

<u>Comparació</u>

Figura 2	Figura 1
* Sortida Positiva	* Sortida negativa
* Guany $\frac{V}{2}$	* Guany ajustable $\frac{VR}{R_O}$
* 2 operacionals → més deseq., derives i soroll	* 1 operacional
* No s'ha d'obrir cap nus del pont de Wheatstone.	* S'ha d'obrir 1 nus del pont de Wheatstone.

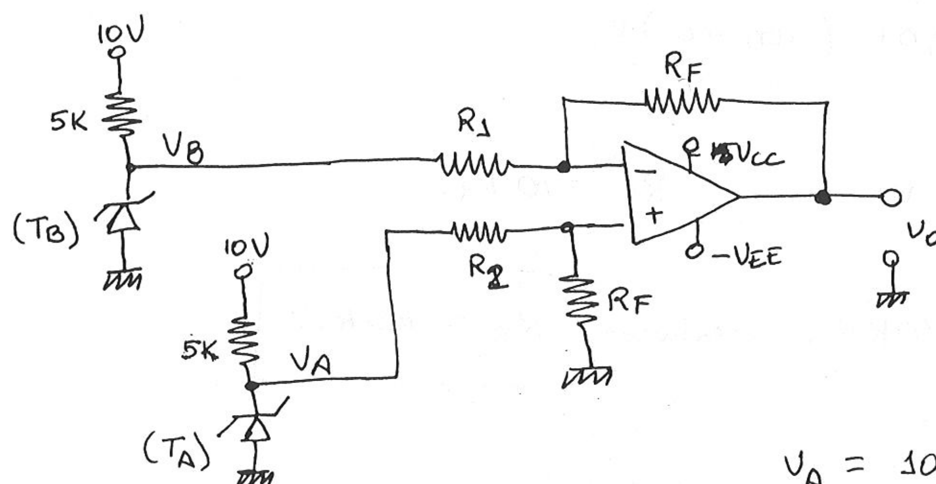
PROBLEMA 2

El següent circuit serveix per mesurar la diferència de temperatures entre dos recintes A i B (T_A i T_B), amb els transductors LM335. El marge de temperatura de cada recinte pot variar entre 0°C i 100°C. La tensió de sortida s'ha de comportar de manera lineal respecte la diferència de temp., de manera que:

si $T_A = 100°C$ i $T_B = 0°C$ → $V_o = +10V$
si $T_A = T_B$ → $V_o = 0V$
si $T_A = 0°C$ i $T_B = 100°C$ → $V_o = -10V$.

Si considerem la resistència de sortida dels LM335 negligible, calculeu:

a) El valor de R_F



$V_{CC} = +15V, \pm 1\%$

$V_{EE} = -15V, \pm 1\%$

$R_1 = 10 K\Omega$

$R_2 = 10 K\Omega$

$V_A = 10\,mV/K \cdot T_A\,(K)$ a partir de 0

$V_B = 10\,mV/K \cdot T_B\,(K)$. a partir de 0

Sabem que és un amplif. diferencial, i si les resist. estan aparellades, aleshores $(R_1 = R_2)$

$$V_o = \frac{R_F}{R_1}(V_A - V_B)$$

passem les tensions V_A i V_B a °C.

$V_A = 10\,mV/K \cdot (273 + T_A)$ (T_A en °C)

$V_B = 10\,mV/K \cdot (273 + T_B)$ (T_B en °C)

$$T_A = 2{,}73\text{V} + 0{,}01 \cdot T_A\,(°\text{C})\ \text{V}$$

$$T_B = 2{,}73\text{V} + 0{,}01\ T_B\,(°\text{C}) \cdot \text{V}$$

finalment,

$$V_o = \frac{R_F}{R_1} \cdot \left[(2{,}73 + 0{,}01\,TA) - (2{,}73 + 0{,}01\,T_B) \right]$$

$$V_o = \frac{R_F}{R_1} \cdot 0{,}01\,(T_A - T_B).$$

Si $V_o = 10\text{V}$, $T_A = 100°\text{C}$ i $T_B = 0°\text{C}$

$$10\text{V} = \frac{R_F}{R_1} \cdot 0{,}01\,(100 - 0)\,\text{V}$$

$$\frac{R_F}{R_1} = 10 \qquad R_F = 10\,R_1.$$

Si $R_1 = 10\,\text{K}\Omega$, aleshores $R_F = 100\,\text{K}\Omega$

---

b) Si l'amplif. operacional és un OP07C, calculeu el màxim error que podem esperar en la sortida degut als desequilibris (offsets) i deriva en cas que la seva temperatura de funcionament sigui de 45°C.

A partir de les característiques del fabricant deduïm que

$$\Delta T = 45°\text{C} - 25°\text{C} = 20°\text{C}$$

$$\Delta V_{CC} = \Delta V_{CC} + \Delta V_{EE} = 15 \times \frac{1}{100} \times 2 + 15 \times \frac{1}{100} \times 2 = 0{,}31$$

a partir d'aquí tenim que

$$v_{io} = \left[V_{io}\Big|_{\substack{25^\circ C\\ \pm 15V}} + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} \cdot \Delta T + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} \cdot \Delta V_{cc} \right]$$

no hi ha derives temporals.

$$v_{io} = \left[150\mu V + 1{,}8\,\mu V/_{^\circ C} \cdot 20^\circ C + 51\,\mu V/_{V} \cdot 0{,}3\,V \right] = 201{,}3\,\mu V$$

com que el circuit té els corrents de polarització compensats, prendrem I_{io} en lloc de I_B.

$$I_{IO} = \left[I_{io}\big|_{25^\circ C} + \frac{\Delta I_{io}}{\Delta T} \cdot \Delta T \right]$$

$$I_{io} = \left[6\,nA + 50\,pA/_{^\circ C} \cdot 20^\circ C \right] = 7\,nA$$

Finalment, la tensió d'error en la sortida serà.

$$V_{O\,error} = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \cdot v_{io} + R_F \cdot I_{io}$$

$$V_{O\,error} = \left(1 + \frac{100K}{10K}\right) \cdot 201{,}3\,\mu V + 100.000 \cdot 7\,nA = 2{,}214\ mV.$$

$$\boxed{V_{O\,error} \cong \pm\ 2{,}3\ mV}$$

---

c) En cas que haguem ajustat l'offset del circuit, de tal manera que $V_O = 0V$ quan $V_A = V_B = 0V$, i quan l'operacional estava a una $T = 40^\circ C$, calculeu l'error màxim que podem esperar a la sortida, al cap de 3 mesos, quan $T_A = T_B = 50^\circ C$, si la temperatura de funcionament de l'operacional pot ser qualsevol, compresa entre $30^\circ C$ i $55^\circ C$, i si suposem que la tolerància dels 4 resistors és de $\pm 1\%$ (Nota: suposeu $CMRR_{op} = 90$

En aquest apartat s'ha compensat l'offset, de manera que només apareixen derives: a) tèrmiques.
b) degudes a V_{cc}
c) temporals.

però al mateix temps hi ha un desaparellament dels resistors i una tensió en mode comú.

1) Calculem error a la sortida degut a les derives.

$$\Delta T|_{màx} = 55-40 = 15°C$$

$$\Delta V_{cc}|_{màx} = \left[15 \times \frac{1}{100} \times 2 + 15\frac{1}{100} \times 2\right] \times 2 = 0,6\ V$$

degut a que quan hem compensat l'offset no sabiem exactament V_{cc} i V_{ee}.

$$\Delta t = 3 \text{ mesos.}$$

$$v_{io} = \left[\underbrace{v_{io}|_{40°C}}_{=0} + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta T} \cdot \Delta T + \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V_{cc}} \cdot \Delta V_{cc} + \frac{\Delta v_{io}}{\Delta t} \cdot \Delta t\right]$$

$$v_{io} = \left[1{,}8\,\mu V/_{°C} \cdot 15°C + 51\,\mu V/_{V} \cdot 0{,}6 + 2\,\mu V/_{mes} \times 3 \text{ mesos}\right] =$$

$$v_{io} = 63{,}6\ \mu V.$$

$$I_{IO} = \left[\underbrace{\cancel{I_{io}|_{40°C}}}_{=0} + \frac{\Delta I_{io}}{\Delta T} \cdot \Delta T\right]$$

$$I_{io} = 50\,pA/_{°C} \cdot 15°C = 750\,pA$$

i finalment,

$$v_o\Big|_{derives} = \left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)\cdot v_{io} + R_F\,I_{io}$$

$$V_o\Big|_{derives} = 11\cdot 63{,}6 + 100.000\times 750\,pA = \pm 0{,}775\,mV$$

2) Calculem error a la sortida degut al CMRR.

$$CMRR_{op} = 90\,dB = 10^{\frac{90}{20}} = 31.623$$

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{R_1R_4 + R_2R_3 + 2R_2R_4}{R_1R_4 - R_2R_3}$$

el cas pitjor serà quan $R_1, R_4 \gg$ i $R_2 R_3 \ll$

$R_1 = 10K\Omega + 1\% = 10{,}1\,K\Omega$

$R_3 = 10K\Omega - 1\% = 9{,}9\,K\Omega$

$R_2 = 100K\Omega - 1\% = 99\,K\Omega$

$R_4 = 100K\Omega + 1\% = 101\,K\Omega$

$$CMRR_R = \frac{1}{2}\,\frac{10{,}1\times 101 + 9{,}9\times 99 + 2\times 99\times 101}{10{,}1\times 101 - 9{,}9\times 99} = \frac{550}{2} = 275$$

finalment,

$$CMRR_T = 275 \,//\, 31.623 = 272{,}63 = 48{,}71\,dB$$

$$v_o\,error\Big|_{CMRR} = G_d\,\frac{V_{mc}}{CMRR}$$

falta calcular V_{mc}.

V_{mc} = tensió en mode comú present a les 2 entrades

a 50°C $\rightarrow$ $V_{mc} = 10\,mV/°C \times (273+50)\,°C = 3{,}23\,V$

$$V_{O\,error}\Big|_{CMRR} = 10 \cdot \frac{3,23\,V}{272,63} = 118,48\,mV.$$

i l'error final serà

$$V_{O\,error} = \pm(0,775 + 118,48)\,mV = \pm\,119,255\,mV$$



d) Quin error obtindríem en la sortida en l'apartat c), si a més de compensar l'offset, haguéssim ajustat el CMRR quan $T_A = T_B = 0\,°C$.

Si hem ajustat el CMRR a 0°C, la tensió en mode comú serà més petita.

$$V_{mc}\Big|_{50°C} = 3,23\,V$$ de l'apartat anterior

$$V_{mc}\Big|_{0°C} = 10\,mV/°C \times 273\,°C = 2,73\,V.$$

per tant, la nova $V_{mc} = 3,23 - 2,73 = 0,5\,V$

finalment, $$V_{O\,error}\Big|_{CMRR} = 10 \cdot \frac{0,5}{272,63} = 18,34\,mV$$

i

$$V_{O\,error} = \pm(18,34 + 0,775) = \pm\,19,115\,mV$$



E U V

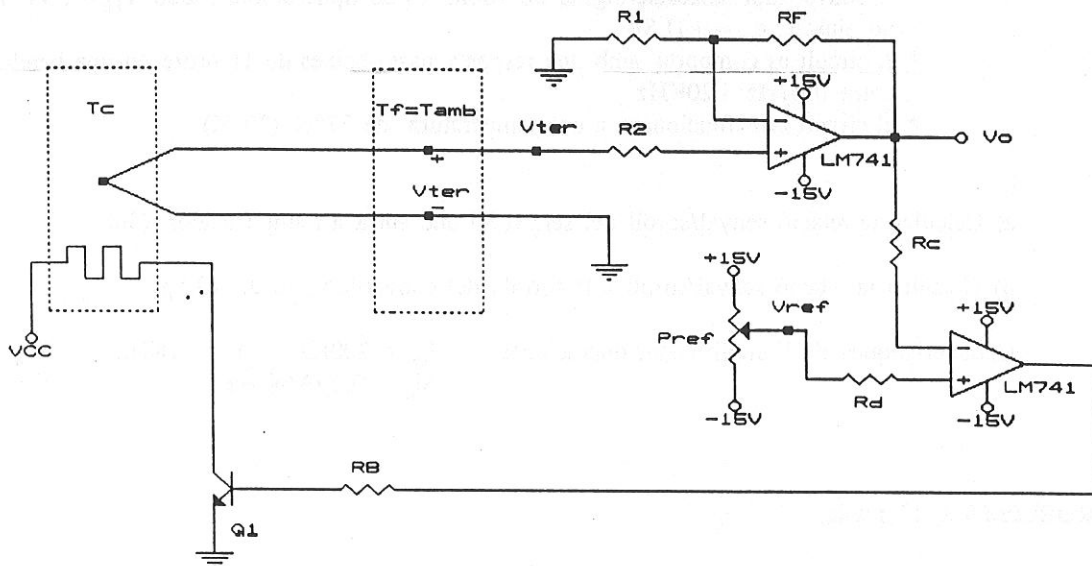
Estudis Universitaris de Vic
Escola Universitària Politècnica d'Osona
Adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació
especialitat en Sistemes de Telecomunicació

ADQUISICIÓ I DISTRIBUCIÓ DEL SENYAL

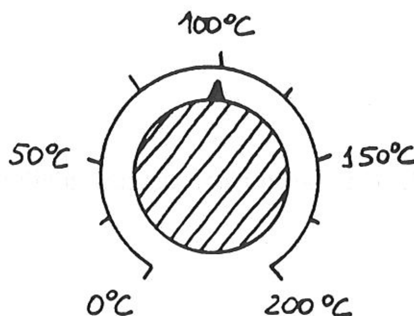
examen final, 1 de juliol de 1996

PROBLEMA 1 (3.5 punts)

El següent esquema correspon a un circuit de control de la temperatura d'un forn que s'ha dissenyat a partir d'un termoparell linealitzat. Aquest termoparell té una sensibilitat de 39μV/K .
$V_{ter}=39\mu V/K*[T_{unió\cdot calenta}(K) - T_{unió\cdot freda}(K)]$ (NOTA: K=°C+273).



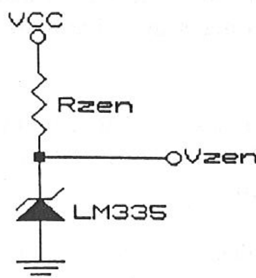
El control de la temperatura del forn es fa a través del potenciòmetre Pref. Per calibrar el circuit s'ha fixat la temperatura de la unió freda (T_F) a 0°C, i s'ha anat marcant la caràtula del potenciòmetre mesurant la temperatura del forn (T_C) amb un termòmetre de precisió (Tmín=0°C i Tmàx=200°C)



a) Dissenyeu R_1, R_2 i R_F per obtenir $V_O=+5V$ quan $T_C=200°C$ i $T_F=0°C$. (0.5p)

b) Calculeu V_O si $T_C=200°C$ i $T_F=T_{amb}=25°C$. Doneu l'error relatiu de V_O. (0.5p)

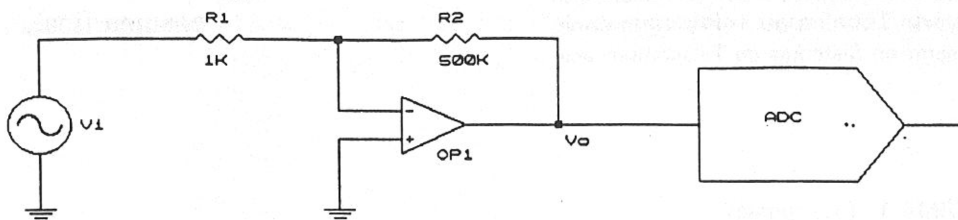
c) Quant valdrà V_{REF} si hem posicionat el mando del forn a 125°C, i la $T_{amb}=28°C$. A quina temperatura estarà el forn, i quin error relatiu estarem fent? (1p)



d) Dissenyeu un circuit, a partir del sensor monolític de temperatura LM335 (Sensibilitat=10mV/°C, a partir de 0°C), que serveixi per compensar la temperatura de la unió freda. Verifiqueu el seu bon funcionament amb les dades de l'apartat anterior. (1.5p)

PROBLEMA 2 (3.5 punts)

S'ha dissenyat un amplificador per a un micròfon, de tal manera que es compleixi que $DR_{ADC}=SNR(Vo)$



Suposant que:

* Vi és una ona sinusoïdal de 10mVp d'amplitud màxima
* el convertidor analògic/digital de 10bits és de tipus bipolar, amb $V_{FE}=\pm 5V$ i un error total no ajustat $e_{tna}=\pm 1LSB$
* el circuit es comporta amb una resposta passa-baixes de 1r ordre en una banda de freqüències entre 0.01Hz i 20KHz
* el circuit està funcionant a una temperatura de 27°C (300K):

a) Calculeu la relació senyal/soroll del senyal Vi que entra a l'amplificador. (3p)

b) Calculeu la relació senyal/soroll a la sortida del convertidor A/D. (0.5p)

Característiques de l'amplificador operacional: f_{cv} = 200Hz f_{ci} = 1KHz $Sv_n = 25nV/\sqrt{Hz}$ $Si_n = 0.5pA/\sqrt{Hz}$ K = 1.38*E-23 J/K

PROBLEMA 3 (3 punts)

Volem adquirir un senyal del qual sabem que la seva tensió estarà compresa entre 0 i 5V, i el seu Slew Rate màxim és SR=0.5V/μs.

Suposant que tenim una família de convertidors A/D amb les característiques següents:

	bits	e_{tna}	t_c
ADC1	8	±1LSB	20μs
ADC2	10	"	30μs
ADC3	12	"	40μs
ADC4	14	"	50μs

a) Si pretenem obtenir una resolució igual o superior a 1.5mV, quin convertidor haurem d'utilitzar? (0.5p)

b) Quin serà el marge dinàmic del convertidor? (0.5p)

c) Farà falta inserir-hi un amplificador de mostreig i retenció? En cas afirmatiu, quin serà el màxim temps d'obertura que haurà de tenir, si volem que l'error degut a la variació del senyal d'entrada durant la conversió sigui inferior a l'error total del convertidor? (0.5p)

d) Suposant uns corrents totals de pèrdues de 10nA a través del S/H en estat de retenció, quina serà la mínima capacitat que haurà de tenir el condensador de retenció per tal de mantenir l'error degut a les fuites en mode de retenció inferior a l'error total del convertidor? (0.5p)

e) Suposant que el S/H tingui un temps d'adquisició $t_a=1\mu s$ i un temps d'establiment $t_s=0.5\mu s$, suposant que el temps d'adquisició de les dades per part del microprocessador sigui $t_{\mu p}=4\mu s$, i suposant que el senyal d'entrada sigui sinusoïdal pur, calculeu la màxima freqüència de mostreig per tal de complir totes les especificacions anteriors. (1p)

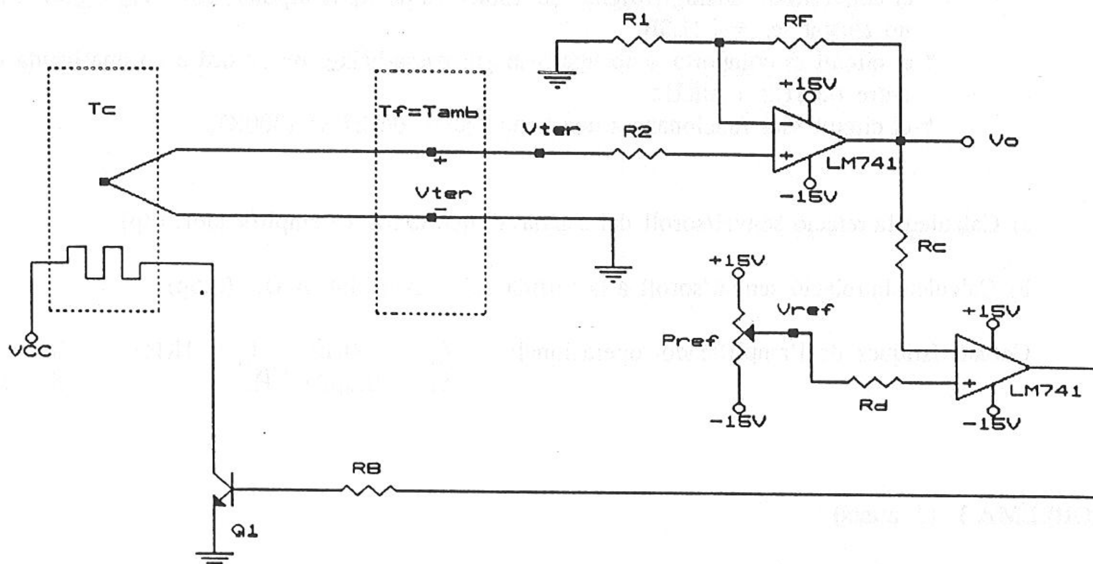
EUV
Estudis Universitaris de Vic
Escola Universitària Politècnica d'Osona
Adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació
especialitat en Sistemes de Telecomunicació

ADQUISICIÓ I DISTRIBUCIÓ DEL SENYAL

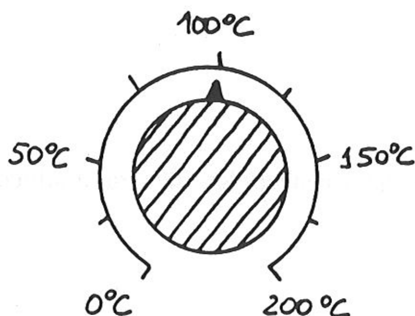
examen final, 1 de juliol de 1996

PROBLEMA 1 (3.5 punts)

El següent esquema correspon a un circuit de control de la temperatura d'un forn que s'ha dissenyat a partir d'un termoparell linealitzat. Aquest termoparell té una sensibilitat de 39μV/K .
$V_{ter} = 39\mu V/K * [T_{unió\cdot calenta}(K) - T_{unió\cdot freda}(K)]$ (NOTA: K=°C+273).



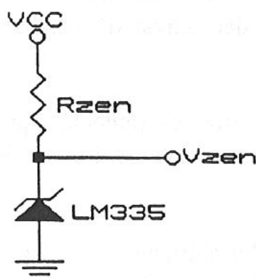
El control de la temperatura del forn es fa a través del potenciòmetre Pref. Per calibrar el circuit s'ha fixat la temperatura de la unió freda (T_F) a 0°C, i s'ha anat marcant la caràtula del potenciòmetre mesurant la temperatura del forn (T_C) amb un termòmetre de precisió (Tmín=0°C i Tmàx=200°C)



a) Dissenyeu R_1, R_2 i R_F per obtenir $V_O = +5V$ quan $T_C = 200°C$ i $T_F = 0°C$. (0.5p)

b) Calculeu V_O si $T_C = 200°C$ i $T_F = T_{amb} = 25°C$. Doneu l'error relatiu de V_O. (0.5p)

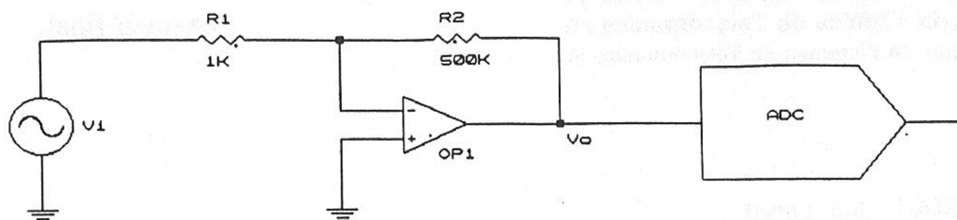
c) Quant valdrà V_{REF} si hem posicionat el mando del forn a 125°C, i la $T_{amb} = 28°C$. A quina temperatura estarà el forn, i quin error relatiu estarem fent? (1p)



d) Dissenyeu un circuit, a partir del sensor monolític de temperatura LM335 (Sensibilitat=10mV/°C, a partir de 0°C), que serveixi per compensar la temperatura de la unió freda. Verifiqueu el seu bon funcionament amb les dades de l'apartat anterior. (1.5p)

PROBLEMA 2 (3.5 punts)

S'ha dissenyat un amplificador per a un micròfon, de tal manera que es compleixi que $DR_{ADC} = SNR(Vo)$



Suposant que:

* Vi és una ona sinusoïdal de 10mVp d'amplitud màxima
* el convertidor analògic/digital de 10bits és de tipus bipolar, amb $V_{FE} = \pm 5V$ i un error total no ajustat $e_{tna} = \pm 1LSB$
* el circuit es comporta amb una resposta passa-baixes de 1r ordre en una banda de freqüències entre 0.01Hz i 20KHz
* el circuit està funcionant a una temperatura de 27°C (300K):

a) Calculeu la relació senyal/soroll del senyal Vi que entra a l'amplificador. (3p)

b) Calculeu la relació senyal/soroll a la sortida del convertidor A/D. (0.5p)

Característiques de l'amplificador operacional: $f_{cv} = 200Hz$ $f_{ci} = 1KHz$ $Sv_n = 25nV/\sqrt{Hz}$ $Si_n = 0.5pA/\sqrt{Hz}$ $K = 1.38*E-23$ J/K

PROBLEMA 3 (3 punts)

Volem adquirir un senyal del qual sabem que la seva tensió estarà compresa entre 0 i 5V, i el seu Slew Rate màxim és $SR = 0.5V/\mu s$.

Suposant que tenim una família de convertidors A/D amb les característiques següents:

	bits	e_{tna}	t_c
ADC1	8	±1LSB	20μs
ADC2	10	"	30μs
ADC3	12	"	40μs
ADC4	14	"	50μs

a) Si pretenem obtenir una resolució igual o superior a 1.5mV, quin convertidor haurem d'utilitzar? (0.5p)

b) Quin serà el marge dinàmic del convertidor? (0.5p)

c) Farà falta inserir-hi un amplificador de mostreig i retenció? En cas afirmatiu, quin serà el màxim temps d'obertura que haurà de tenir, si volem que l'error degut a la variació del senyal d'entrada durant la conversió sigui inferior a l'error total del convertidor? (0.5p)

d) Suposant uns corrents totals de pèrdues de 10nA a través del S/H en estat de retenció, quina serà la mínima capacitat que haurà de tenir el condensador de retenció per tal de mantenir l'error degut a les fuites en mode de retenció inferior a l'error total del convertidor? (0.5p)

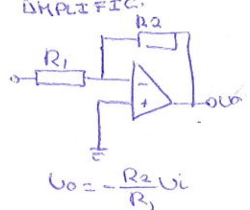
e) Suposant que el S/H tingui un temps d'adquisició $t_a = 1\mu s$ i un temps d'establiment $t_s = 0.5\mu s$, suposant que el temps d'adquisició de les dades per part del microprocessador sigui $t_{\mu p} = 4\mu s$, i suposant que el senyal d'entrada sigui sinusoïdal pur, calculeu la màxima freqüència de mostreig per tal de complir totes les especificacions anteriors. (1p)

TEMA 1

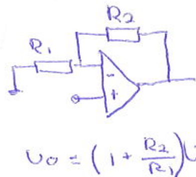
$M.d = \frac{N\ S\ Max}{Min\ N\ Acep}$

$S/N = 20 \log \frac{V_{ef}\ Se.}{V_{ef}\ So}$

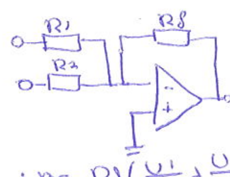
AMPLIFIC.



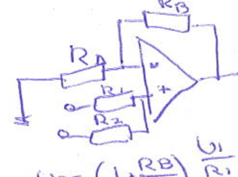
$U_o = -\frac{R_2}{R_1} U_i$



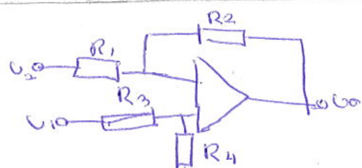
$U_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_i$



$U_o = -R_f\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$



$U_o = \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right) \frac{\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$



$U_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) U_1 - \frac{R_2}{R_1} U_2$

$R_3 = R_1 \quad R_2 = R_4$

$U_o = \frac{R_2}{R_1}(U_2 - U_i)$

TEMA 2

$e_a = V_{mes} - V_{real}$

$e_r = \frac{e_a}{V_{real}} \times 100$

Potenciometre

$U_2 = \frac{R_2 U_T}{R_1 + R_2}$

Termo parell $E = \alpha[T_1 - T_2] + \beta[T_1^2 - T_2^2]$

galga extensiometrica

$R = \rho \frac{l}{A} \quad K = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}}$

$\sigma = \frac{F}{A} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \Delta T = \frac{R \cdot I^2}{K}$

NTC i PTC $B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$

$R_T = R_0 e$

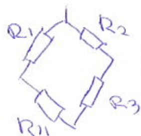
RTD

$R = R_0(1 + \alpha_1 \Delta T + \dots)$

$C = \frac{K A \varepsilon_0}{d} (F)$

Piezoelectric $K = \frac{E_m \Rightarrow E_{el}}{E_{ma}} \quad K = \frac{E_{el} \to E_m}{E_{ela}}$

TEMA 3



$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$

$U_o = G U_i + \left(1 + \frac{R_F}{R_P}\right) U_{io} + U_{o,I_B}$ ($R_F I_B$)

$I_B = \frac{|I_B^+ + I_B^-|}{2}$

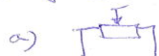
$U_o = G U_i + \left(1 + \frac{R_F}{R_P}\right) U_{io} + R_F I_{io}$

$I_{io} = \pm|I_B^+ - I_B^-|$

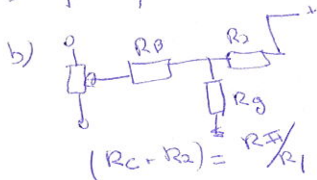
$U_{io} = \left[U_{io}|_{25°C} + \frac{\Delta U_{io}}{\Delta T}\Delta T + \frac{\Delta U_{io}}{\Delta t}\Delta t + \frac{\Delta U_{io}}{\Delta U_{cc}}\Delta U_{cc}\right]$

compensació de l'offset

a)



b)



$(R_C + R_2) = R_F / R_1$

Linealització de termistors

$R_p = \frac{R R_T}{R + R_T}$

Linealització del pont de Wheatston

$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$

CMRR

$U_o = g_{mc} \cdot U_{mc} + g_d U_d$

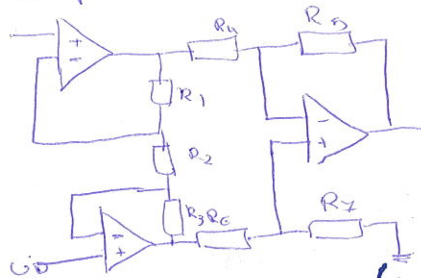
$CMRR = \frac{g_d}{g_{mc}}$

$g_d = \frac{U_o}{U_d}\Big|_{U_{mc}=0} = \left[\frac{R_2}{R_1} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right)\right]$

$CMRR = \frac{1}{2} \frac{R_1 R_4 + R_2 R_3 + 2 R_4 R_2}{R_1 R_4 - R_2 R_3}$

$\frac{1}{CMRR} = \frac{1}{CMRR_R} + \frac{1}{CMRR_{op}}$

Amp Instrum.



$\frac{1}{CMRR} = \left(\frac{1}{CMRRO1} + \frac{1}{CMRRO2}\right)\left(\frac{1}{G+1}\right) + \left(\frac{1}{CMRRO3} + \frac{1}{CMRRR}\right)$

$CMRRR = \frac{1}{2} \frac{R_4 R_7 + R_5 R_6 + 2 R_5 R_7}{R_4 R_7 - R_5 R_6}$

$G = \frac{2 R_3}{R_2}$

$S_N = \begin{cases} S_{U_n^2} = \frac{\partial U_n^2}{\partial f} \\ S_{i_n^2} = \frac{\partial I_n^2}{\partial f} \end{cases}$

Soroll blanc

$U_N = V_{nw}\sqrt{(f_H - f_L)}$

$I_n = I_{nw}\sqrt{(f_H - f_L)}$

Soroll 1/f

$U_n = K_V \sqrt{\ln \frac{f_H}{f_L}}$

$I_n = K_i \sqrt{\ln \frac{f_H}{f_L}}$

Soroll C. Integrat

$U_N = V_{nw}\sqrt{f_{cu} \ln \frac{f_H}{f_L} + (f_H - f_L)}$

$I_n = I_{nw}\sqrt{f_{ci} \cdot \ln \frac{f_H}{f_L} + (f_H - f_L)}$

TEMA 4

$V_n = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T U_n^2(t)\,dt}$

$I_n = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T I_n^2(t)\,dt}$

$F.C. = \frac{U_{np}}{U_{n\,rms}}$

$V_{TOTAL} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2\gamma U_1 U_2}$

$S/N = 10 \log \frac{P_S}{P_N}$ (dB)

$S/N = 20 \log \frac{U_S}{U_n}$ (dB)

Shot noise

$I_{ns} = \sqrt{2 q I_B}$

soroll de contacte

$I_f = \sqrt{\frac{2 q I f_c}{f}}$

Soroll Termic

$SNR = 4KTR = S_{U_{nR}}$

$V_R = \sqrt{4KTBR}$

Soroll de OPAM

$V_n = \left(\int_{f_a}^{f_b} S_{U_n}^2(f)\,df\right)^{1/2}$

$I_n = \left(\int_{f_B}^{f_A} S_{i_n}^2(f)\,df\right)^{1/2}$

$S/N = 10 \log \frac{P_S}{P_N}$

$S/N = 20 \log \frac{V_S}{V_N}$

TEMA 5

Teor de Nyq.

$f_s = 2 f_M$

Per. de Nyq

$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{2 f_M}$

$q = \frac{M}{2^n}$

$MD = 10 \log \frac{V_{FE}}{V_N}$

$V_{NRMS} = m \frac{q}{\sqrt{12}}$

$2^n = N$ = nomb d'estats

$NEB = 1'57 \times f_c$

$NEB = 1'57 \times \frac{f_M^2}{f_c + f_M}$

Sorroll de l'operacional

$V_n = S v_n \left[(f_A - f_B) + f_c \ln\left(\frac{f_A}{f_B}\right) \right]^{1/2}$

$e_a = \frac{e_b}{2}$

$V_{RMS} = \frac{\xi\, \delta q}{f_s}$

$F_s|_{màx} = \frac{1}{t_{ac} + t_{ap} + t_{SH}}$

CDA

$V_o = K_v V_r R_i$

$V_o = \underbrace{K_v V_r}_{V_{FE}} D = V_{FE} \sum_{i=1}^{n} b_i 2^{-i}$

$V_{FE} > V_{OMax} = V_{FE}(1 - 2^{-n}) = V_{FE} \frac{2^n - 1}{2^n}$

$V_{nqrms} = \frac{q}{\sqrt{12}}$

$-\frac{q}{2} < e_q \leq \frac{q}{2}$

$SR = \frac{V_{FE}/2^n}{T_o}$

CAD

Errors als CDD

$e_q = \pm \frac{q}{2}$

$e_t = e_q + e_{tn}$

$e_t = m\, e_q$

$V_{nt} = m \frac{q}{\sqrt{12}}$

$DR = 20 \log \frac{V_{FE}}{V_N}$

$V_{nq} = \frac{q}{\sqrt{12}}$